



**Beatriz Dinis Simões      Aplicação de metodologias e ferramentas utilizadas  
na gestão de manutenção na Heliflex Tubos e  
Mangueiras, S.A.**



**Beatriz Dinis Simões**

**Aplicação de metodologias e ferramentas utilizadas  
na gestão de manutenção na Heliflex Tubos e  
Mangueiras, S.A.**

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Mestre Miguel Oliveira, Professor auxiliar convidado do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.

## **o júri**

Presidente

**Prof. Doutora Marlene Paula Castro Amorim**  
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutor António Gil D'Orey de Andrade Campos**  
professor auxiliar da Universidade de Aveiro

**Mestre Miguel da Silva Oliveira**  
assistente convidado da Universidade de Aveiro

## **Agradecimentos**

Dedico este trabalho à minha família principalmente aos meus pais que sempre me apoiaram ao longo da minha vida e do meu percurso académico. Sem o seu apoio, não teria tido a oportunidade de frequentar o mestrado integrado em Engenharia e Gestão Industrial na Universidade de Aveiro.

Quero agradecer a todos os meus amigos que sempre me acompanharam e estiveram presentes em todos os momentos importantes da minha vida, em especial ao Simão Matos, pela força, pelo companheirismo e pelo apoio incondicional nos momentos mais difíceis.

Agradeço ao meu orientador Miguel Oliveira pelo apoio, disponibilidade e confiança dada ao longo da realização deste projeto e gratifico a Universidade de Aveiro pelas excelentes condições, oferecidas, durante estes cinco anos académicos.

Por fim, agradeço à Heliflex Tubos e Mangueiras S.A., por me ter dado a oportunidade de realizar o meu estágio curricular. O meu obrigado a todos os colaboradores, desta empresa, pela simpatia demonstrada. Um agradecimento especial ao engenheiro Bruno Estêvão e ao técnico de manutenção elétrica José Carlos Carvalho pela ajuda na integração na empresa e pela sua disponibilidade, sempre que os solicitei, ao longo destes oito meses de estágio.

## palavras-chave

Manutenção, Gestão de manutenção, Análise de falhas, Classificação ABC, Melhoria Continua

## resumo

Nos últimos anos, as empresas têm estado sujeitas a grandes pressões. Os clientes são cada vez mais exigentes, o que leva a uma grande competitividade no mundo empresarial. É fundamental que as organizações procurem a redução de custos e aumentem a qualidade dos seus produtos, através da implementação de metodologias e de ferramentas, com vista à criação de novas estratégias de produção.

Este trabalho foi realizado na empresa Heliflex Tubos e Mangueira, S.A com a implementação de ferramentas e metodologias utilizadas na gestão de manutenção. A importância da gestão da manutenção não deve ser menosprezada por parte das organizações. Uma produção com qualidade e em quantidade desejada, pressupõe o bom desempenho de todos os equipamentos.

O primeiro passo a realizar no trabalho foi a recolha dos dados de todas as avarias existentes no ano 2018 de forma a calcular diversos indicadores de manutenção, entre os quais o *Overall Equipment Effectiveness*. Os resultados revelaram a existência de alguns desperdícios ao longo do processo de produção. De seguida foram aplicadas metodologias e ferramentas: o diagrama causa-efeito, a classificação ABC, a análise de modos de falha e efeitos (FMEA), o software de gestão de manutenção e a aplicação dos 5S's. A análise de todas as avarias registadas, em simultâneo com a aplicação do diagrama causa-efeito, da classificação ABC e da FMEA permitiu definir a criticidade dos equipamentos e a criação de planos de melhoria. A aplicação dos 5S's no setor de manutenção elétrica permitiu melhorar: a sensação de bem-estar, a qualidade dos materiais e as condições de higiene e segurança no local de trabalho. No presente relatório são ainda apresentadas instruções de trabalho para os equipamentos registados com um grande número de avarias e para a preparação das linhas de produção do Setor Heliflex. A inclusão de manutenção autónoma na instrução de trabalho, juntamente com a realização de um Checklist para a preparação da linha de produção, tiveram como propósito a redução da percentagem de desperdício. Para os equipamentos identificados com criticidade A, foram realizadas preparações de trabalho com tarefas semestrais e lubrificações mensais.

**keywords**

Maintenance, Maintenance management, Failure analysis, ABC classification, Continuous improvement

**abstract**

In recent years, companies have been subjected to a lot of pressures. Customers are increasingly their exigence which leads to a huge competitiveness in the business world. It is crucial that organizations search to the reduction of the costs and increase the quality of their products through the implementation of methodologies and tools in order to create new production strategies.

This work was conducted in Heliflex Tubos e Mangueiras, S.A. with the implementation of methodologies and tools that can be used in maintenance management. The importance of maintenance management should not be overlooked by organizations because in order to produce with the desired quality and quantity it is essential that the equipments have a good performance.

The first step in the work was to do a data collection of all 2018 failures in order to calculate several maintenance indicators, such as the Overall Equipment Effectiveness. The results revealed the existence of some wastes along the production process. After that, methodologies and tools were applied: the cause-effect diagram, the ABC classification, the failure mode and effects analysis (FMEA), a maintenance management software and finally the 5S's application. The failures data analysis together with the cause-effect diagram application, the ABC classification and the FMEA allowed to define the equipment's criticality and the definition of improvement plans. The 5S's application in the electrical maintenance sector was crucial to improve the sense of well-being, the materials quality and the hygiene and safety conditions in the workplace. In this report are also presented working instructions for the machines with many failures and for the preparation of the Heliflex Sector production lines. The inclusion of autonomous maintenance in the working instruction, together with the accomplishment of a line preparation checklist was intended to reduce the percentage of waste. For the equipment identified with criticality A, were performed semi-annual preparations, with tasks that must be performed on the equipment, and monthly lubrications.

# Índice

<b>Capítulo 1 - Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1    Motivação e Contextualização do trabalho .....	1
1.2    Objetivos e Metodologia .....	2
<b>Capítulo 2 - Estado da arte .....</b>	<b>5</b>
2.1.    História da manutenção .....	5
2.2.    Tipos de manutenção .....	6
2.2.1.    Manutenção Corretiva .....	6
2.2.2.    Manutenção Preventiva .....	7
2.2.3.    Manutenção Preditiva .....	8
2.2.4.    Manutenção Detetiva.....	8
2.2.5. <i>Total Productive Maintenance</i> (TPM) .....	9
2.3.    Indicadores de desempenho .....	10
2.3.1 <i>Time between failures</i> (MTBF) .....	11
2.3.2 <i>Mean Time to Repair</i> (MTTR) .....	12
2.3.3. <i>Mean Waiting Time</i> (MWT).....	12
2.3.4.    Disponibilidade.....	12
2.3.5. <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) .....	13
2.4.    Custos de Manutenção .....	15
2.5.    Ferramentas utilizadas na gestão de manutenção .....	16
2.5.1.    Diagrama Causa e Efeito .....	17
2.5.2.    Classificação ABC.....	18
2.5.3. <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) .....	20
2.5.4.    Software de gestão de manutenção .....	24
2.5.5.    5S`s .....	25
<b>Capítulo 3 – Estudo de Caso .....</b>	<b>29</b>
3.1.    Apresentação da empresa .....	29
3.1.1.    História .....	29
3.1.2.    Valores.....	30
3.1.3.    Missão .....	30
3.1.4.    Sistema produtivo da organização .....	31
3.1.5.    Setor das Misturas.....	32

3.1.6.	Setor Heliflex .....	34
3.1.7.	Setor Helivil .....	34
3.1.8.	Setor Hidrodur .....	35
3.2.	Política de Trabalho da Organização .....	35
<b>Capítulo 4 – Aplicação de metodologias e ferramentas utilizadas na gestão da manutenção na Heliflex .....</b>		<b>37</b>
4.1.	Avaliação do desempenho atual .....	37
4.1.2.	Cálculo dos Indicadores de Desempenho .....	42
	<i>Time between Failures (MTBF)</i> .....	43
	<i>Mean Time to Repair (MTTR)</i> .....	44
	<i>Mean Waiting Time (MWT)</i> .....	46
	Disponibilidade .....	47
	Indicador OEE .....	49
4.1.3.	Aferição de custos .....	54
4.2.	Aplicação do diagrama causa efeito .....	56
4.3.	Aplicação da classificação ABC .....	60
	Avaliação do nível de criticidade do alimentador ALI L6 .....	60
	Avaliação do nível de criticidade da máquina de cintar portátil STB70 1 .....	61
	Avaliação do nível de criticidade da máquina ME6SE .....	62
	Avaliação do nível de criticidade da Misturadora 2 .....	63
	Avaliação do nível de criticidade da Granuladora 2 .....	64
4.4.	Aplicação da FMEA .....	65
	Planos de melhoria .....	68
4.5.	Aplicação do software de gestão de manutenção proposto .....	69
4.6.	Aplicação dos 5S's no Setor da manutenção Elétrica .....	74
	Diagnóstico da situação atual .....	74
4.6.2.	Aplicação dos 5S's .....	74
<b>Capítulo 5 – Conclusões, Limitações e trabalho futuro .....</b>		<b>79</b>
<b>Referências Bibliográficas .....</b>		<b>83</b>
<b>Anexos .....</b>		<b>88</b>



## Índice de figuras

Figura 1 - Manutenção produtiva total (Khamba & Ahuja, 2008).....	10
Figura 2 - Relação entre filosofias Lean (Khamba & Ahuja, 2008) .....	10
Figura 3- Iceberg dos custos (Cabral, 2006) .....	16
Figura 4- Diagrama de causa e efeito (Campos, 1999) .....	18
Figura 5 - Fluxograma para decisão de nível de criticidade (JIPM, 1995) .....	19
Figura 6 - Diagrama que contem os princípios dos 5S's (Agrahari, Dangle, & Chandratre, 2015) ..	26
Figura 7- Empresa Heliflex.....	29
Figura 8 - Processo de extrusão .....	31
Figura 9 - Processo de produção .....	32
Figura 10 - Subprocesso de produção nas misturas.....	33
Figura 11 - Granulado proveniente das Misturas .....	33
Figura 12 - Produto final do Setor Heliflex.....	34
Figura 13 - Produto final do Setor Helivil .....	35
Figura 14 - Produto final do Setor Hidrodur .....	35
Figura 15- Folha de participação de avaria e reparação .....	37
Figura 16 - Processo da ocorrência e reparação de uma avaria .....	38
Figura 17 – Tipo de avarias mais frequentes.....	38
Figura 18 -Tipo de avarias elétricas mais frequentes.....	39
Figura 19 – Tipo de avarias mecânicas mais frequentes.....	39
Figura 20 – Nº de avarias por equipamento .....	40
Figura 21- Alimentador ALI L6.....	41
Figura 22- Máquina de cintar portátil STB70 1 .....	41
Figura 23- Máquina de embalar ME6SE.....	41
Figura 24- Nº de horas de intervenção por equipamento .....	41
Figura 25- Misturadora 2 e Granuladora 2.....	42
Figura 26 - Valor de MTBF para o alimentador ALI L6 .....	43
Figura 27 – Valor de MTBF para a máquina de cintar portátil STB70 1 .....	43
Figura 28 – Valor de MTBF para a máquina de embalar ME6SE.....	44
Figura 29– Valor de MTTR para o alimentador ALI L6.....	44
Figura 30 – Valor de MTTR para a máquina de cintar portátil STB70 1 .....	45
Figura 31 – Valor de MTTR para a máquina de embalar ME6SE.....	45
Figura 32 – Valor de MWT para o alimentador ALI L6 .....	46

Figura 33 – Valor de MWT para a máquina de cintar portátil STB70 1.....	46
Figura 34 – Valor de MWT para a máquina de embalar ME6SE .....	47
Figura 35 – Valor da disponibilidade para o alimentador ALI L6.....	48
Figura 36 – Valor da disponibilidade para a máquina de cintar portátil STB70 1 .....	48
Figura 37 – Valor da disponibilidade para a máquina de embalar ME6SE.....	49
Figura 38– Valor do OEE e dos respetivos fatores para a linha 6.....	53
Figura 39 – Valor do OEE e dos respetivos fatores para a linha 7.....	53
Figura 40 – Valor do OEE e dos respetivos fatores para a linha 8.....	53
Figura 41 - Diagrama causa-efeito para a avaria do alimentador ALI L6 .....	56
Figura 42 – Diagrama causa-efeito para as falhas da máquina de cintar portátil STB70 1.....	56
Figura 43 – Diagrama causa-efeito para a avaria da máquina de embalar ME6SE.....	57
Figura 44 – Diagramas causa-efeito para a misturadora 2 .....	57
Figura 45 – Diagrama causa-efeito para a granuladora 2 .....	58
Figura 46- Distância do alimentador ao silo da granuladora .....	59
Figura 47- Manuseamento da máquina STB70 .....	59
Figura 48 - Má colocação do rolo na máquina de embalar.....	59
Figura 49 - Fluxograma para a decisão do nível de criticidade do alimentador .....	61
Figura 50- Fluxograma para a decisão do nível de criticidade da máquina de cinta portátil .....	62
Figura 51- Fluxograma para a decisão do nível de criticidade da máquina de embalar .....	63
Figura 52- Fluxograma para a decisão do nível de criticidade da máquina da misturadora 2.....	64
Figura 53-Fluxograma para a decisão do nível de criticidade da granuladora 2.....	65
Figura 54 - Parametrização da organização funcional .....	71
Figura 55 - Definição do tipo de objetos / Equipamentos .....	71
Figura 56 - Registo dos objetos/equipamento .....	71
Figura 57- Registo dos artigos de manutenção .....	72
Figura 58- Criação dos planos de manutenção para os equipamentos .....	72
Figura 59-Criação de uma ordem de trabalho preventiva sistemática.....	73
Figura 60 - Criação de uma ordem de trabalho não sistemática .....	73
Figura 61-Utilização dos autocolantes para a classificação dos materiais consoante a sua utilidade .....	75
Figura 62- Contentor do lixo com os materiais não uteis .....	75
Figura 63-Ações implementadas no setor de manutenção elétrica (Parte 1) .....	76
Figura 64-Ações implementadas no setor de manutenção elétrica (Parte 2) .....	77

## Índice de tabelas

Tabela 1 - Critério de avaliação da criticidade dos equipamentos .....	20
Tabela 2 - Critério de análise para a severidade das falhas (Lafraia,2001).....	22
Tabela 3 - Critério de análise para o índice de ocorrência de falhas (Lafraia,2001).....	23
Tabela 4 - Critério de análise para o índice de detecção de falhas (Lafraia, 2001) .....	23
Tabela 5 – Especificação do horário dos colaboradores .....	36
Tabela 6 – Tabela com os dados necessários para o cálculo do indicador OEE da linha 6 .....	51
Tabela 7 – percentagens de disponibilidade, eficiência e qualidade para a linha 6.....	52
Tabela 8 – Análise das falhas na Misturadora 2.....	66
Tabela 9 – Análise das falhas na Granuladora 2.....	66
Tabela 10 – Avaliação e análise da criticidade da misturadora 2 .....	67
Tabela 11 – Avaliação e análise da criticidade da granuladora 2.....	67
Tabela 12 – Planos de melhoria para a misturadora 2 .....	68
Tabela 13 – Planos de melhoria para a granuladora 2.....	68

## Lista de Siglas e Acrónimos

<b>5S's</b>	Seiri – Seiton – Seiso – Seiketsu – Shitsuke
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	Carbonato de cálcio
<b>FMEA</b>	Failure Mode and Effect Analysis
<b>ICD</b>	Indicadores Chave de Desempenho
<b>MP</b>	Matéria-prima
<b>NPR</b>	Número Potencial de Risco
<b>OEE</b>	Overall Equipment Effectiveness
<b>PVC</b>	Policloreto de Vinilo
<b>TI</b>	Tecnologia de Informação
<b>TPM</b>	Total Productive Maintenance

# Capítulo 1 - Introdução

## 1.1 Motivação e Contextualização do trabalho

Nas últimas décadas as empresas têm enfrentado grandes pressões por parte dos seus clientes que são cada vez mais exigentes. Estas exigências têm vindo a aumentar ao longo dos anos, levando as organizações a uma rápida adaptação aos novos requisitos, sob pena de perderem a sua posição no mercado (Douglas, 2002). O objetivo principal passa por diminuir os custos e aumentar a qualidade dos seus produtos, através da implementação de novas estratégias de produção. O *lean thinking* torna-se fundamental para melhorar a qualidade dos produtos e reduzir os desperdícios, não menosprezando a gestão de manutenção e a sua importância. A estratégia da manutenção deve ser parte integrante da organização, não devendo ser vista isoladamente, pois é tão importante como todas as outras funções estratégicas. Estas devem estar todas interligadas e em conformidade. Ao longo dos tempos, as organizações foram-se apercebendo da importância da manutenção, concluindo que a produção com qualidade e em quantidade desejada depende da boa performance de todos os equipamentos. A gestão da manutenção é crucial para a produtividade de uma empresa e a sua prática mais constante pode evitar inúmeros problemas: os elevados custos de reparação dos equipamentos quando a manutenção preventiva não é realizada, as reclamações dos clientes devido à má qualidade dos produtos ou demoras excessivas, o aumento dos acidentes de trabalho, a diminuição de lucros na organização, o aumento de despesas, etc.

O bom funcionamento de uma organização depende de uma boa gestão da manutenção com a utilização de vários métodos com vista a aumentar a eficiência e a eficácia de todo o sistema de manutenção. A gestão da manutenção está relacionada com a utilização de várias ferramentas e metodologias que visam a sua boa performance, nomeadamente, a análise de modos de falhas e efeitos (FMEA), a classificação ABC dos equipamentos consoante a sua prioridade na manutenção, a aplicação de manutenção autónoma, a aplicação de um software de manutenção, a aplicação dos 5S's, etc.

Este estágio curricular, com duração de oito meses, surgiu com o objetivo de aplicar as ferramentas, atrás referidas, na empresa Heliflex Tubos e Mangueiras S.A. A aplicação das metodologias e ferramentas seguiu uma forma lógica. Numa primeira fase foram recolhidos todos os dados das PAV's (folha de participação de avaria e reparação) do ano 2018 que permitiu identificar as avarias mais frequentes, as máquinas que tiveram mais avarias e o número de horas

de intervenção por máquina. Esta análise serviu como ponto de partida para a aplicação de várias ferramentas utilizadas na gestão de manutenção.

Ao longo deste relatório são especificados os objetivos deste trabalho e a metodologia utilizada. De seguida será exibida uma revisão de literatura de forma a explicar todos os conceitos utilizados. Por fim, segue-se o projeto prático onde é feita uma contextualização da empresa Heliflex bem como a aplicação das metodologias e ferramentas utilizadas na gestão de manutenção.

## **1.2 Objetivos e Metodologia**

Conforme já foi referido, o objetivo deste estágio passou pela gestão e organização da manutenção de forma a reduzir custos e aumentar a eficiência dos equipamentos de produção, identificando pontos de melhoria com base na análise do desempenho da manutenção atual. O diagrama causa efeito permitiu compreender a origem dos problemas e foi realizada uma classificação ABC para estabelecer prioridades na classificação dos equipamentos, consoante estes fossem considerados importantes, ou não, para o processo produtivo. Todas as falhas dos equipamentos com criticidade A foram analisadas com o intuito de compreender todos os seus efeitos e as suas causas na gestão da manutenção. O objetivo principal da FMEA consiste em prevenir as falhas e analisar os riscos associados ao processo. A partir dos resultados obtidos foram propostos planos de melhoria. Outra ferramenta utilizada foi o software de manutenção Manwinwin com o intuito de organizar todo o processo de gestão de manutenção e a introdução de planos de manutenção preventiva. Indo de encontro à organização da manutenção, tornou-se fundamental a aplicação dos 5S's no setor da manutenção. A implementação desta metodologia teve o intuito principal de aumentar a eficiência de todo o processo de manutenção.

A metodologia adotada concentrou-se em duas grandes fases:

- Primeiro foi realizado um diagnóstico da situação atual através da análise de todas as avarias existentes no ano 2018, que serviu de base para identificar todos os tipos de avarias existentes, as mais frequentes e o número de horas de intervenção por máquina. Depois foram identificados os equipamentos com mais avarias e foram calculados indicadores de manutenção de modo a analisar o tempo de funcionamento dos equipamentos, o tempo despendido na sua reparação, o número de horas que o equipamento esteve parado até

receber intervenção, a sua disponibilidade e por fim a sua eficácia ao longo das linhas de produção.

- Em seguida, partindo da análise das avarias e dos indicadores de manutenção, foram utilizadas diversas ferramentas de modo a avaliar a criticidade dos equipamentos, que apresentaram mais avarias e mais horas de reparação, identificando a sua função e a sua importância. Por fim, foram definidos planos de melhoria. As ferramentas utilizadas foram o diagrama causa efeito, a classificação ABC dos equipamentos, a FMEA e a aplicação de um software de gestão de manutenção. Também foi aplicada a metodologia dos 5S's no setor de manutenção elétrica.





## Capítulo 2 - Estado da arte

### 2.1. História da manutenção

A palavra manutenção é derivada do latim “manus tenere” que tem como significado manter o que se tem. Segundo Mendes (2012) a manutenção surgiu no final do século XVIII, durante a revolução industrial. A sociedade passou a trabalhar com novas ideias tecnológicas e aumentou a sua capacidade de produzir bens. Rapidamente, mais concretamente no século XX, houve grandes progressos na tecnologia e na ciência levando à criação de equipamentos cada vez mais sofisticados e complexos. Todo este processo deu origem a uma imposição da disponibilidade total dos equipamentos e um aumento de custos de inatividade ou de subactividade.

Kardec e Nascif (2009) consideram que a manutenção pode ser dividida em 3 gerações:

- Primeira geração: compreende a época anterior à segunda guerra mundial. Os equipamentos ainda eram muito simples, pouco mecanizados e com grandes dimensões. Devido ao contexto económico da época, produzir não era uma prioridade para as organizações, não sendo necessário a existência de um tipo de manutenção preventiva e sistematizada. Apenas era efetuada uma manutenção corretiva: a realização de limpeza, a lubrificação e a reparação depois da avaria do equipamento.
- Segunda geração: compreende a época desde a segunda guerra mundial até meados dos anos 60. Durante este período, verificou-se um aumento dos equipamentos mecanizados, ampliando a complexidade das indústrias. A produtividade passou a ser uma prioridade e como tal todas as organizações passaram a estar submissas ao bom funcionamento das máquinas. Assim, surgiu a ideia de que as avarias nos diversos equipamentos podiam ser evitadas, emergindo o conceito de manutenção preventiva, realizada em intervalos fixos de tempo (trimestrais, semestrais ou mensais). Outro aspeto que passou a ser considerado, foi o custo de manutenção que, comparado com os outros custos operacionais, aumentou. Isto levou os colaboradores das organizações, à procura de novas estratégias com vista à longevidade dos equipamentos.

- Terceira geração: compreende a década de 70 até aos dias de hoje. A partir desta década foi notória uma grande evolução e mudança nas indústrias. Verificou-se um grande crescimento da mecanização, mas principalmente da automação o que fez com que a fiabilidade e a confiabilidade se tornassem tão importantes em vários setores, como saúde, processamento de dados, telecomunicações, etc. O desenvolvimento da automação passou também a significar que quanto maior a existência de falhas e avarias, menor seria a qualidade dos produtos. É importante salientar que a existência de falhas pode incitar sérias consequências na segurança e no meio ambiente, onde as exigências são cada vez maiores. O respeito pelas políticas de segurança e de preservação ambiental, no local de trabalho, passou a ser uma prioridade nas organizações. Foi nesta geração que se fortaleceu o conceito de manutenção preditiva.

## **2.2. Tipos de manutenção**

### **2.2.1. Manutenção Corretiva**

Nogueira, Guimarães e Diniz (2012) observaram que a manutenção corretiva tem como principal função repor ou retificar as condições de funcionamento de determinado equipamento ou sistema. A manutenção corretiva acontece quando o equipamento apresenta um desempenho abaixo do esperado, ou quando o equipamento deixa de funcionar devido à ocorrência de uma falha.

Normalmente este tipo de manutenção não é recomendado porque deixa o problema chegar ao extremo, levando a avarias nos equipamentos que comprometem a sua vida útil e todo o processo produtivo (Viana, 2002).

Segundo Kardec e Nascif (2009) a manutenção corretiva divide-se em:

- Manutenção planeada ou programada: acontece após a identificação do problema, não existindo qualquer impacto na produção associado à falha do equipamento. A reparação pode ser realizada num momento mais oportuno.
- Manutenção não planeada: acontece quando a falha no equipamento é repentina, não sendo possível programar a reparação. Este tipo de manutenção tem um custo muito elevado para além de provocar interrupção de produção e perda na qualidade do produto.

### **2.2.2. Manutenção Preventiva**

A manutenção preventiva tem como principal objetivo evitar a avaria do equipamento. Este tipo de manutenção é executado nos equipamentos que estão a trabalhar em perfeitas condições obedecendo a um plano de manutenção efetuado com base em intervalos definidos de tempo (Nogueira, Guimarães & Diniz, 2012).

É importante referir que a manutenção preventiva reduz a indisponibilidade e melhora o desempenho dos equipamentos, procurando sempre a melhoria continua. O plano de manutenção consiste num conjunto de ações com datas predefinidas e tem como principal objetivo diminuir o risco de falhas do equipamento, aumentando a ausência de avarias e a confiabilidade e regularidade de operação do sistema produtivo. O plano de manutenção, deve ser realizado sempre que necessário e deve descrever as tarefas que auxiliam no levantamento das necessidades do equipamento para o correto aprovisionamento e alocação de recursos financeiros e materiais (Garcia & Nunes, 2014). O controlo da gestão da manutenção preventiva pode ser auxiliada com a utilização de um software ou folhas de calculo (Pelegrini & Lacerda, 2017).

De acordo com Filho (2008) a manutenção Preventiva divide-se em:

- Manutenção preventiva por estado (MPE) ou manutenção condicionada (MC): é realizada antes da ocorrência da falha num momento oportuno, onde se ponderam questões operacionais e financeiras. Ocorre pela degradação dos equipamentos ou máquinas. Este tipo de manutenção faz uma triagem do estado real da máquina para depois prever o tipo de manutenção que deve ser realizada (previsão da avaria da máquina). Não se realiza qualquer tipo de manutenção sem que não existam indícios de uma avaria. O objetivo principal da manutenção condicionada passa por recolher informações sobre a degradação dos equipamentos através de métodos de análise dos equipamentos, tais como: análise de vibrações, a análise de ruídos, a análise a óleos e lubrificantes e a análise de temperaturas (Kumar, Goyal, Dang, Dhami & Pabla, 2018).
- Manutenção preventiva sistemática (MPS): ocorre por um parâmetro pré-estabelecido, sendo executada em intervalos fixos de tempo. Pode ser utilizada para as lubrificações, substituição de componentes, etc. Segundo Ahmad e Kamaruddin (2012) as decisões de manutenção, como os intervalos de tempo de reparação, são determinados com base na

análise do tempo de falha dos equipamentos. A MPS assume que o comportamento da avaria do equipamento é previsível.

A manutenção preventiva tem a vantagem de assegurar a continuidade do funcionamento das máquinas, aumentando o seu tempo de vida. Esta também diminui o número total de intervenções corretivas e reduz o custo da intervenção de manutenção corretiva (Garcia & Nunes, 2014).

Apesar das vantagens, este tipo de manutenção pode provocar uma substituição prematura de componentes, causando defeitos nos equipamentos por falha humana. Podem ainda existir falhas nos procedimentos de manutenção (Pelegrini & Lacerda, 2017).

### **2.2.3. Manutenção Preditiva**

Segundo Nogueira, Guimarães e Diniz (2012) este tipo de manutenção consiste numa manutenção preventiva baseada na condição do equipamento, podendo ser considerada como uma manutenção corretiva programada. Este tipo de manutenção faz-se através do acompanhamento do equipamento com a realização de medições durante o seu funcionamento. Isto permite uma intervenção no equipamento, por parte do técnico de manutenção, somente quando estiver próximo de um limite pré-estabelecido pela equipa de manutenção.

A manutenção preditiva permite reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva. As técnicas de manutenção preditiva são bastantes avançadas e conforme o uso da tecnologia, esta manutenção costuma ser tratada de forma diferenciada nas empresas. É fundamental que a equipa de manutenção seja bem preparada de modo a fazer uma análise de resultados e formulação de diagnósticos confiáveis. Esta condição é a principal desvantagem da manutenção preditiva (Xenos, 2014). Considera-se que a grande necessidade de conhecimento teórico e experiência por parte do técnico de manutenção é, também, uma grande desvantagem deste tipo de manutenção (Viana, 2002).

### **2.2.4. Manutenção Detetiva**

A manutenção detetiva, que surgiu em 1990, procura detetar falhas ocultas que não são visíveis aos operadores. Consiste em tarefas que verificam se os sistemas de segurança estão a funcionar corretamente e é utilizada quando as falhas nos sistemas de comando e proteção não apresentam efeito imediato. Neste tipo de manutenção são utilizados computadores com instrumentação e controlo de processos, nas diversas fábricas. Uma possível falha nos sistemas de deteção de erros,

é uma desvantagem presente na manutenção detetiva. Com a utilização deste método prevê-se uma redução nas paragens não planeadas dos equipamentos (Garcia & Nunes, 2014).

Xenos (2014) diz que este é um método com um custo elevado porque utilizam-se tecnologias muito avançadas, como consequência é fundamental que o controlo seja realizado por técnicos especializados.

### **2.2.5. Total Productive Maintenance (TPM)**

A manutenção produtiva total (TPM) surgiu no Japão após a segunda guerra mundial. Nogueira, Guimarães e Diniz (2012) consideram que o objetivo da TPM consiste em aperfeiçoar a estrutura dos negócios, através da melhoria da qualidade dos colaboradores, da organização e dos equipamentos. Esta filosofia deve ser seguida por todos os colaboradores da organização. Este tipo de manutenção cria uma autogestão no ambiente de trabalho, uma vez que os operadores assumem a propriedade dos equipamentos e cuidam deles sozinhos.

Segundo Khamba e Ahuja (2008) o propósito da manutenção produtiva total é atingir os “quatro zeros”, ou seja, os zero defeitos, zero tempo de inatividade, zero acidentes e zero desperdícios.

Esta filosofia é baseada em 8 pilares de TPM (figura 1):

- Manutenção autónoma: o operador deve realizar a limpeza do equipamento, lubrificação e inspeção.
- Melhorias focalizadas: as ferramentas Lean são utilizadas para evidenciar as causas dos problemas e dos desperdícios.
- Manutenção planeada: é necessária uma abordagem proativa para melhorar os indicadores de manutenção.
- Manutenção da qualidade: o objetivo é atingir os zero desperdícios.
- Educação e formação: o operador deve possuir habilidades interpessoais, uma “*Multi-Skilling*”.
- Segurança, saúde e meio ambiente: garante que as melhorias realizadas não reduzem a segurança e a saúde das pessoas.
- Escritório TPM: as ferramentas aplicadas nos processos de manutenção, são também aplicadas nos processos administrativos, por exemplo, a aplicação dos 5S’s.
- Gestão de desenvolvimento: fornece iniciativas de forma a melhorar a manutenção com o objetivo da aquisição de equipamentos com problemas mínimos.

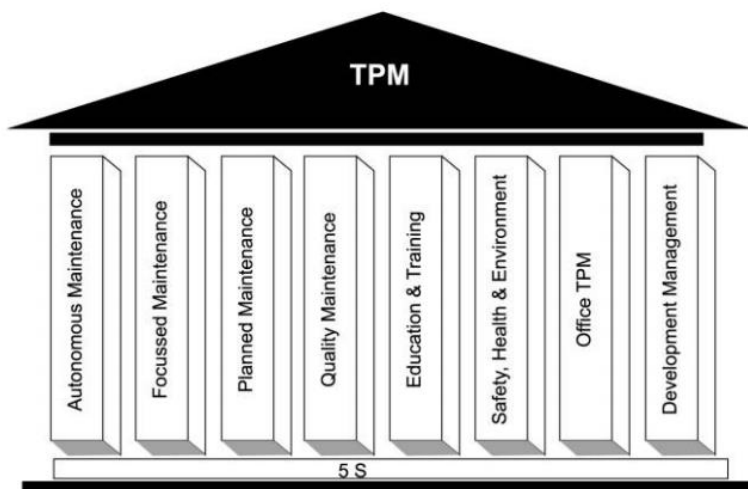


Figura 1 - Manutenção produtiva total (Khamba & Ahuja, 2008)

A utilização da TPM permite que a produção Lean tenha ainda mais qualidade e desempenho. Se os equipamentos estiverem em ótimas condições não existirá tanto desperdício de produto e como consequência a qualidade aumenta. De acordo com a figura 2 é claramente evidente que a TPM pode ser considerada como um alicerce para a maioria das filosofias Lean e pode efetivamente contribuir para o seu sucesso (Khamba & Ahuja, 2008).

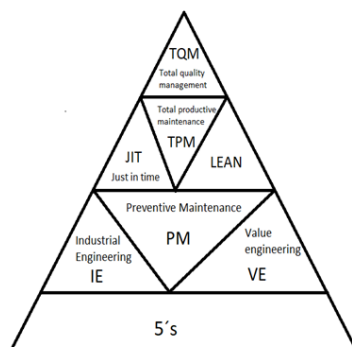


Figura 2 - Relação entre filosofias Lean (Khamba & Ahuja, 2008)

### 2.3. Indicadores de desempenho

Segundo a norma NP EN 15341 (2009) os indicadores de desempenho da manutenção têm o propósito de indicar a condição do equipamento, definir metas e objetivos, estabelecer comparações e medir os resultados das modificações a longo prazo. Quando o desempenho real não é satisfatório, é necessário que se defina objetivos e estratégias para melhorar os indicadores

do ponto de vista económico, técnico ou organizacional. A medição e a análise dos indicadores ajudam a organização a definir objetivos, planejar novas estratégias e partilhar os resultados de modo a informar e motivar as pessoas. Para que os gestores possam usufruir destes indicadores é essencial que tenham os dados com as informações de todas as avarias que se consideram relevantes aos parâmetros de operação dos equipamentos e às intervenções realizadas, tais como:

- Tipo de avarias mais frequentes nos equipamentos
- Número de avarias por equipamento
- Número de horas de intervenção por máquina

De acordo com Muchiri, Pintelon, Martin e Meyer (2010) a importância da medição do desempenho da manutenção tem sido discutida por diversos autores. As informações de desempenho da manutenção são importantes pois permitem monitorizar e controlar os processos de manutenção, além de fornecer indicações de melhoria. A utilização destes indicadores e a sua análise pode levar à redução do número de avarias e à redução do tempo de reparação, melhorando a disponibilidade do equipamento. É do interesse dos gestores medir a eficiência e eficácia do processo de manutenção de modo a justificar os seus investimentos na manutenção. Portanto, os indicadores de desempenho podem servir como uma ferramenta motivacional.

### **2.3.1 *Time between failures (MTBF)***

O tempo médio entre falhas (MTBF) tal como o nome indica caracteriza-se como o tempo médio entre avarias. Este indicador representa o tempo médio de funcionamento do equipamento em que não ocorreram falhas. O objetivo é que o MTBF tenha um valor elevado porque é fundamental que o equipamento trabalhe o máximo de tempo possível, sem a existência de avarias (NP EN 15341, 2009).

Este indicador pode ser traduzido matematicamente como:

$$MTBF = \sum \frac{Tf}{n^{\circ} \text{ avarias}}$$

Tf: nº de horas de funcionamento do equipamento, durante o período de análise.

### **2.3.2 Mean Time to Repair (MTTR)**

O tempo médio de reparação representa a maior ou menor dificuldade que os técnicos de manutenção têm para pôr a máquina a funcionar, ou seja, mostra o prazo médio que o técnico demora a colocar o equipamento a funcionar novamente (N EN 15341, 2009).

Este indicador pode ser traduzido matematicamente como:

$$MTTR = \sum \frac{Tr}{n^{\circ} \text{ avarias}}$$

Tr: tempos de indisponibilidade por avaria durante o período de análise.

### **2.3.3 Mean Waiting Time (MWT)**

O tempo médio de espera representa a eficiência da reparação por parte dos técnicos de manutenção. Este indicador define-se como sendo a média dos tempos de espera de atendimento aos pedidos de reparação de avarias num dado período, ou seja, define a rapidez com que se consegue atuar (Assis, 2014).

$$MTW = \sum \frac{Te}{n^{\circ} \text{ avarias}}$$

Te: tempos de espera de atendimento aos pedidos de reparação no período de análise.

### **2.3.4. Disponibilidade**

A disponibilidade define-se como a capacidade que um dado equipamento tem, de modo a estar em condições para executar uma determinada função num dado instante ou determinado intervalo de tempo, supondo que todas as outras áreas da empresa, como o suporte logístico, a produção e os recursos externos estejam a funcionar corretamente. A disponibilidade define-se como a capacidade de determinado equipamento estar a trabalhar de uma forma satisfatória.

Este indicador de manutenção expressa-se matematicamente com a relação do indicador tempo médio entre falhas (MTBF), o tempo médio de reparação (MTTR) e o tempo médio de espera (MWT) (Vilarouca, 2008).



$$Disponibilidade = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MTW}$$

### 2.3.5. Overall Equipment Effectiveness (OEE)

O Overall Equipment Effectiveness (OEE), que foi introduzido por Nakajima (1988) no seu livro '*Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*' é uma medida fundamental para a manutenção produtiva total, mas segundo Ylipää, Skoogh, Bokrantz e Gopalakrishnan (2017) este indicador está a ser cada vez mais utilizado como uma ferramenta de medição de desempenho na manutenção, sendo uma chave fundamental para a melhoria da produtividade. Este indicador mostra a eficácia dos equipamentos sendo que o objetivo é alcançar a sua excelência.

Um dos objetivos do OEE consiste em eliminar as seis grandes perdas, que por sua vez são as causas mais comuns da perda de eficiência das máquinas. Estas perdas de eficiência podem ser originadas por problemas causados por inatividade (Disponibilidade), por os equipamentos não trabalharem à velocidade pretendida e como consequência existirem perdas de velocidade (Eficiência), ou pela não conformidade do produto (Qualidade) (Almeanazel.R, 2010).

Nakajima (1988) definiu as seis principais grandes perdas dos equipamentos (Jonsson & Lesshammar, 1999):

#### ➤ Perdas de inatividade (Disponibilidade)

1. Perdas por falhas dos equipamentos que podem ser classificadas como perdas de tempo e perdas de quantidade por produtos defeituosos. Reduzem o tempo disponível para o equipamento produzir.
2. Perdas de *set up* e outras afinações que resultam em tempo de inatividade. Normalmente ocorrem quando a produção de um produto termina e a seguir o equipamento é ajustado para a produção de outro tipo de artigo.

#### ➤ Perdas de velocidade (Eficiência)

3. Perdas por pequenas paragens que ocorrem quando a produção é interrompida por mau funcionamento temporário ou quando o equipamento está a produzir lentamente.

4. Perdas pela redução da velocidade que representam a diferença entre a velocidade teórica (o que o equipamento deveria produzir) e a velocidade real da operação (o que realmente produz).

➤ Perdas de qualidade

5. Perdas por defeitos de qualidade são causadas pelo mau funcionamento dos equipamentos de produção.
6. Perdas de arranque que correm durante as fases iniciais da produção, desde o arranque da máquina até à sua estabilização.

De seguida seguem-se as fórmulas para cada elemento do cálculo do *OEE* (De Groote, 1995):

- Disponibilidade – refere-se à relação entre o tempo de produção real com o tempo de produção planeado. O tempo de produção planeado considera-se como o tempo de funcionamento da fábrica e o tempo de produção real consiste no tempo de funcionamento menos as avarias não planeadas, pequenas paragens das máquinas e tempos de *set up*. Das avarias planeadas podem fazer parte as atividades de manutenção preventiva, reuniões e o tempo dispensado para a formação dos colaboradores.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de produção real}}{\text{Tempo de produção planeado}}$$

- Eficiência – mede a relação entre a velocidade real do equipamento e a velocidade ideal, calculando a capacidade da produção do equipamento dentro do tempo disponível (Jonsson & Lesshammar, 1999).

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Produção atual}}{\text{Produção planeada}}$$

- Qualidade – mede a relação entre a produção conforme, a produção defeituosa e a produção atual (Jonsson & Lesshammar, 1999).

$$Qualidade = \frac{Produção\ atual - Produção\ defeituosa}{Produção\ atual}$$

O OEE pode ser classificado como um indicador “tridimensional” que representa as três principais perdas relacionadas com os equipamentos.

$$OEE = Disponibilidade \times Eficiência \times Qualidade$$

De acordo com Nakajima (1988) os valores ideais para as medidas do componente *OEE* são:

- Disponibilidade superior a 90%
- Eficiência superior a 95%
- Qualidade superior a 99%

Estes níveis de disponibilidade, eficiência e qualidade iriam resultar num *OEE* aproximadamente de 85 %, sendo, segundo Nakajima (1988), o valor ideal de *OEE*. Este, por sua vez, teve como base experiências e resultados obtidos por empresas de excelência.

## **2.4. Custos de Manutenção**

Cabral (2009) considera que o custo na gestão de manutenção tem uma maior importância do que na gestão administrativa. Este facto é explicado porque na gestão administrativa apenas se associa um custo a um documento contabilístico (fatura, recibo, etc.), enquanto que na gestão de manutenção o custo pode vir de várias fontes: horas despendidas na reparação, saídas das peças do armazém, faturas de serviços, custos de inoperacionalidade, etc. É importante salientar que os custos documentados contabilisticamente normalmente são pouco expressivos no contexto global da manutenção.

Há ainda a referir, que os verdadeiros custos de manutenção não são os custos contabilísticos diretos, mas sim aqueles que também têm em linha de conta as consequências da manutenção. Na figura 3 está representado o iceberg dos verdadeiros custos de manutenção onde a parte submersa representa os custos contabilísticos e a parte imersa (quatro vezes maior) representa todos os outros custos, que não são facilmente quantificáveis. Dos custos contabilísticos fazem parte os custos de mão-de-obra, materiais e serviços. São considerados como custos indiretos os custos de produção parada, produto defeituoso, poluição, produtividade, negligências, etc. Quando existe a avaria de um equipamento deve-se ter em conta não só o custo de reparação e o custo do material utilizado na reparação, mas também o custo de produção parada. Este último é considerado um custo indireto que tem necessariamente de se adicionar ao custo total de reparação de forma a calcular corretamente o que a avaria custou na realidade à empresa. Existem outros custos indiretos como as perdas de qualidade, de rendimento, acidentes, poluição, etc., que não podem ser quantificados (Cabral, 2006).

Cabral (2006) considera que na ótica da gestão global da empresa, os custos de manutenção contabilísticos não exprimem os verdadeiros custos de manutenção. Os custos mais interessantes para a gestão e que podem ajudar a definir a melhor política de manutenção devem incluir os custos de manutenção contabilísticos, os custos das perdas por falta de manutenção e os benefícios com a manutenção de melhoria. Quando é impossível equacionar os verdadeiros custos de manutenção, o melhor método é analisar os resultados com bom senso, introduzir melhorias e verificar se resultou ou não.

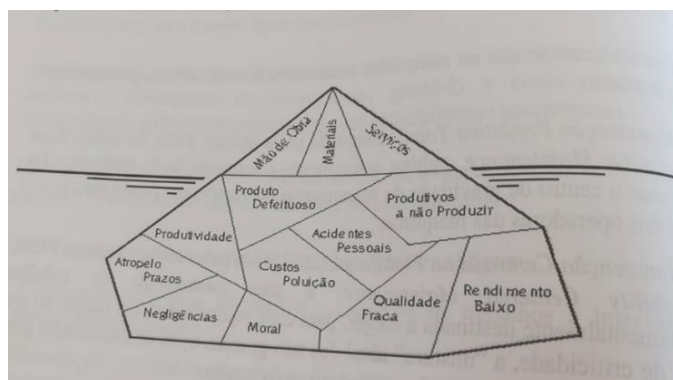


Figura 3- Iceberg dos custos (Cabral, 2006)

## 2.5. Ferramentas utilizadas na gestão de manutenção

A competitividade global entre as empresas tem vindo a aumentar, como também as pressões vindas dos clientes e fornecedores. Este cenário estimulou as empresas a procurarem níveis mais altos de qualidade para os seus produtos ou serviços. A análise de falhas por parte das organizações

representou a garantia de sobrevivência das empresas (Karsak, Sozer & Alptekin, 2003). O objetivo da manutenção passa por apoiar e manter uma produção eficiente, tendo bastante impacto na qualidade e nos custos de uma organização (Jonsson, 1997).

A medição do desempenho fornece as informações necessárias para a gestão e a tomada de decisões. As organizações gastam recursos e tempos consideráveis para medir o desempenho e avaliar o seu sucesso. Como tal, a eficácia de qualquer sistema de medição de desempenho destina-se a atender às necessidades das operações e processos de manutenção (Wang, Chu, Mao & Gharbi, 2009). As utilizações de várias ferramentas permitem analisar a criticidade dos equipamentos. Moss e Woodhouse (1999) definem a análise de criticidade como uma técnica que permite identificar e classificar a importância da função de um equipamento ou sistema dentro de um processo produtivo, de acordo com critérios específicos: aspetos de segurança, qualidade e meio ambiente. Aven (2009) defende que a identificação de sistemas críticos é considerada uma tarefa importante porque prioriza atividades, recursos e diminui a probabilidade de existência de riscos. Um Sistema ou atividade é considerado crítico se a sua vulnerabilidade for elevada e se o risco for alto, ou seja, se a sua falha ou avaria resultar em graves consequências para a organização (perdas de vida, danos ambientais ou perdas económicas).

### **2.5.1. Diagrama Causa e Efeito**

O diagrama causa-efeito, também denominado por Ishikawa ou espinha de peixe, consiste numa ferramenta muito simples utilizada na qualidade e neste caso, na gestão de manutenção. O diagrama foi criado em 1943 por Kaoru Ishikawa e era utilizado na indústria para a dispersão na qualidade dos produtos e processos. Esta ferramenta permite a identificação e análise de potenciais causas de variação do processo e possibilita identificar a forma como as causas interagem entre si (Bazoni.F, Zeni, França.T, Torricelli & Daolio, 2015). Pode ser usada para simplificar processos, relacionando o resultado de um processo e as suas possíveis causas que por sua vez vão afetar o resultado. As causas são definidas como os 6M's: máquinas, meio ambiente, medidas, materiais, métodos e mão-de-obra (figura 4) (Pelegrini & Lacerda, 2017).

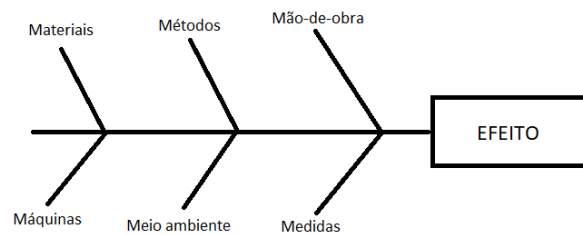


Figura 4- Diagrama de causa e efeito (Campos, 1999)

Seguem-se várias etapas utilizadas para a concretização do diagrama (Bazoni.F, Zeni, França.T, Torricelli & Daolio, 2015):

1. Definir o problema e estudar e o que se deseja obter.
2. Conhecer e estudar o processo através da troca de ideias, observação ou documentação.
3. Reunir com todas as pessoas envolvidas no processo e realizar sessões de *brainstorming* de modo a que todos possam transmitir as suas ideias.
4. Organizar as informações em causas principais, secundárias e terciárias, eliminando as que não têm importância.
5. Montar o diagrama.
6. Destacar o que é o mais relevante para se obter o objetivo que se pretende alcançar.

### 2.5.2. Classificação ABC

O método de classificação ABC é baseado na descoberta de Vilfredo Pareto, sendo também conhecida como lei de Pareto. A classificação ABC permite que se tenha o conhecimento dos itens que têm maior importância ou impacto. Estes são normalmente em menor número (Purbowo, Yulia & Suryadi, 2018).

Pareto realizou uma análise sociológica constatando que "... um pequeno número de pessoas detinha a maior parte da riqueza..." Ou seja, segundo Pareto 20% das pessoas detêm 80% da riqueza, enquanto que os restantes 80% só detêm 20% da riqueza. Numa outra sociedade podia acontecer que os mesmos 80% da riqueza fossem detidos por 40% das pessoas e os restantes 20% detidos por 60% das pessoas (Cabral, 2009).

Foi a partir da modelação deste fenómeno que surgiu o conceito de análise ABC que introduz três faixas com as designações de A, B e C:



Tabela 1 - Critério de avaliação da criticidade dos equipamentos

		Classes		
		A	B	C
<b>S</b>	Segurança e Meio Ambiente	Afeta a Segurança e o Meio ambiente	Causa lesões leves na segurança e no ambiente	Não afeta a segurança nem o meio ambiente
<b>Q</b>	Impacto na qualidade do produto	Afeta a qualidade do produto levando a reclamações externas	Afeta a qualidade do produto levando somente a perdas internas	Não afeta a qualidade do produto
<b>I</b>	Impacto na produção	Interrompe o processo produtivo e não existe backup	Afeta a produção, mas é possível a sua recuperação. Existe backup	Não afeta a produção e existe backup
<b>FF</b>	Frequência das falhas	Mais que uma falha a cada 2 meses	1 Falha entre 2 a 6 meses	Menos que 1 falha a cada 6 meses
<b>TT</b>	MTTR	MTTR > 2h	0,5 < MTTR < 2h	MTTR < 0,5
<b>C</b>	Custo de manutenção	Custo de reparação > 2500€	600€ < Custo de reparação < 2500€	Custo de reparação < 600€

Depois da análise ABC ser realizada, prossegue-se para a orientação da manutenção dos equipamentos consoante a sua classificação (JIPM, 1995):

- Classe A: Equipamentos com nível de criticidade elevado para o processo, sendo necessária a existência de uma equipa altamente preventiva. É fundamental a elaboração de manutenção preventiva e preditiva, análise das falhas e equipas focadas na redução de falhas.
- Classe B: Equipamentos com algum nível de criticidade, sendo importantes para o processo. A realização de uma manutenção preditiva e preventiva, é aconselhada.
- Classe C: Equipamentos com baixo impacto no processo. Deve ser realizada uma manutenção corretiva, preditiva, como também uma melhoria das falhas de modo a evitar ocorrências.

### 2.5.3. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

A análise de falhas é uma das técnicas mais utilizadas na análise de risco, de modo a definir, identificar e eliminar falhas de processos, projetos ou equipamentos, antes de chegarem aos



clientes. Esta técnica foi utilizada inicialmente pela NASA, em 1963, sendo depois expandida para a indústria automóvel (Leal, Pinho, & de Almeida, 2006).

A FMEA hierarquiza as falhas potenciais e como consequência fornece as recomendações para as ações preventivas. Consiste num processo formal que utiliza especialistas, normalmente engenheiros, dedicados a analisar as falhas e a solucioná-las. Existem três níveis de FMEA (Kardec & Nascif, 2009):

- FMEA no projeto: elimina as causas das falhas durante o projeto do equipamento, tendo em consideração todos os aspetos, desde a manutenção até aspetos ligados à segurança.
- FMEA no sistema: preocupa-se com as falhas potenciais e gargalos na linha de produção que é vista como um processo global.
- FMEA no processo: os equipamentos são o foco desta análise, onde é avaliada a sua função operacional dentro do sistema global.

A FMEA, numa primeira etapa, identifica possíveis modos de falhas de um processo, projeto ou sistema e os seus efeitos prejudiciais (Puente, Pino, Priore & de la Fuente, 2002). Ferramentas básicas como sessões de brainstorming e diagramas causa-efeito podem ser utilizadas para determinar a relação entre os modos potenciais de falha, os seus efeitos e as suas causas relacionadas a esses modos de falha para cada função analisada (Guzzon, 2009).

Na segunda etapa os engenheiros que trabalham com a FMEA determinam o nível crítico através de uma pontuação de risco ordenada. A falha que apresentar a pontuação mais elevada, será a mais crítica e considerada prioritária para a aplicação de ações de melhoria (Puente, Pino, Priore, & de la Fuente, 2002). Quando o valor de NPR (número potencial de risco) ultrapassa o valor desejado, são requeridas ações corretivas de modo a reduzir a probabilidade da sua ocorrência (Guzon, 2009).

Para a implementação da FMEA é necessária a existência de várias etapas:

1. Identificação dos modos de falha conhecidos – identificam-se as falhas que causem ineficiência no sistema em que operam, com base em falhas já ocorridas ou que podem ocorrer.
2. Identificação dos efeitos de cada modo de falha – os efeitos causados pelas falhas são determinados, como também o impacto que cada um vai causar ao cliente.

3. Identificação de todas as causas possíveis para cada modo de falha – definem-se através de diversos meios cujas falhas levam a uma determinada falha e identifica-se a probabilidade destas falhas virem a ocorrer.
4. Identificação do meio de deteção da ocorrência do modo de falha – nesta etapa procura-se detetar as falhas antes que cheguem aos clientes.
5. Avaliação e análise da criticidade – o número potencial de risco (NPR) de cada modo de falha é avaliado baseando-se na multiplicação de três índices (Puentes, Pino, Priore, & de la Fuente, 2002):
  - Severidade (S) – grau de gravidade do efeito da falha causada pelos modos de falha.
  - Ocorrência (O) - demonstra a ocorrência com que as falhas ocorrem, baseia-se em históricos de falhas, dados estatísticos, dados dos fornecedores ou experiências dos funcionários.
  - Deteção (D) – refere-se ao grau de dificuldade em se detetar a possível falha antes que o produto chegue ao cliente.

De acordo com Garcia (2013) estas variáveis podem ser classificadas em tabelas conforme cada indústria ou projeto onde vão ser aplicadas. As tabelas 2, 3 e 4 mostram a classificação segundo Lafraia (2001).

Tabela 2 - Critério de análise para a severidade das falhas (Lafraia,2001)

Severidade	Critério	Índice de falha
<b>Muito alta</b>	Envolve riscos à operação do sistema e/ou incumprimento dos requisitos legais.	10 9
<b>Alta</b>	Provoca um alto grau de insatisfação no cliente. O sistema torna-se inoperante. Porém, a falha não envolve riscos à segurança operacional ou incumprimento dos requisitos legais.	8 7
<b>Moderada</b>	A falha leva a uma razoável insatisfação do cliente. O cliente ficará desconfortável e irritado com a falha.	6 5 4
<b>Baixa</b>	A falha causa pequenos transtornos ao cliente. O cliente notará leves variações no desempenho do sistema.	3 2
<b>Marginal</b>	A falha não teria um efeito real no sistema. Provavelmente o cliente não iria notar a falha.	1

Tabela 3 - Critério de análise para o índice de ocorrência de falhas (Lafraia,2001)

Frequência da falha	Possíveis Taxas das falhas	Índice
<b>Muito alta: a falha é quase inevitável</b>	1 em 2	10
	1 em 8	9
<b>Alta: falhas repetidas</b>	1 em 20	8
	1 em 40	7
	1 em 80	6
<b>Moderada: falhas ocasionais</b>	1 em 400	5
	1 em 1000	4
<b>Baixa: relativamente poucas falhas</b>	1 em 4000	3
	1 em 200000	2
<b>Remota</b>	$\leq 1$ em $10^6$	1

Tabela 4 - Critério de análise para o índice de detecção de falhas (Lafraia, 2001)

Deteção	Deteção do efeito	Índice
<b>Absolutamente indetetável</b>	O modo de falha não será detetado com certeza	10
<b>Muito baixa</b>	O modo de falha é muito pouco detetável.	9
<b>Baixa</b>	Não é provável que o modo de falha seja detetado.	8
		7
<b>Moderada</b>	Há 50% de probabilidade de detetar o modo de falha.	6
		5
<b>Alta</b>	Há uma boa probabilidade de detetar o modo de falha.	4
		3
<b>Muito alta</b>	O modo de falha será detetado durante a	2
	operação do sistema.	1

Com base nestes três índices, severidade (S), ocorrência (O) e Deteção (D), é obtido o NPR:

$$NPR = S \times O \times D$$

Segundo Flogiato e Ribeiro (2009) a FMEA tem diversos benefícios, tais como:

- A identificação dos parâmetros do processo a serem controlados para detetar as falhas no processo.
- O estabelecimento de uma ordem de ações de melhoria.
- A realização de planos de manutenção adequados.
- A redução dos custos de manutenção e de operação.
- O aumento do conhecimento dos engenheiros relativamente aos equipamentos.

#### **2.5.4. Software de gestão de manutenção**

Cabral (2009) observa que um software de gestão de Manutenção é, hoje, uma ferramenta corrente, cuja utilização se tem vindo a expandir, sendo uma ferramenta fundamental ao apoio da gestão de manutenção.

Segundo Kans (2008) a utilização de Tecnologias de Informação (TI's) podem ter um grande impacto na eficiência e eficácia da organização, sendo de grande importância estratégica. Hoje em dia existem centenas de aplicativos de TI para a gestão da manutenção, sendo essencial que as organizações escolham o mais adequado para o seu tipo de estrutura.

O sucesso da gestão da manutenção com impacto positivo na competitividade e lucratividade da empresa está relacionado com o nível correto de TI aplicada, que consiste na aquisição de uma funcionalidade correta e necessária para o planeamento, condução e acompanhamento das atividades de manutenção. É importante salientar que apesar das organizações considerarem inevitável o uso de um software de manutenção, este não irá trazer benefícios se não forem consideradas as condições atuais da estratégia da manutenção e a maturidade da organização e dos seus indivíduos. Se estas variáveis não forem consideradas, a tecnologia implementada não irá trazer quaisquer vantagens devido, por exemplo, à falta de funcionalidade e à falta de conhecimento dos utilizadores (Kans, 2008).

Um software de gestão deve dispor dos seguintes recursos (Cabral,2009):

- Equipamentos/Objetos de manutenção: devem ter a sua codificação e registo, a respetiva ficha técnica, planos de manutenção e a correlação com outras variáveis utilizadas.
- Materiais: deve-se realizar a codificação e a organização de todos os materiais de armazém e os que são utilizados para a manutenção, de forma a facilitar a pesquisa e correlação com os equipamentos onde são aplicáveis.
- Gestão de trabalhos: é necessária a realização de um planeamento e gestão das ordens de trabalho (OT's) de qualquer tipo, planeadas ou não, com possibilidades de planeamento e relatório de atividades, tempos (tempo de manutenção, tempo reparação, tempos de indisponibilidade, etc.), o esforço horas-homem, materiais aplicados e custos. É importante que exista uma renovação automática de OT's sistemática, possibilitando a existência de um histórico.
- Análises: baseiam-se na computação de indicadores expressivos das atividades de manutenção (ICD); a análise destes indicadores-chave permitem saber o desempenho da

gestão de manutenção tais como o número de avarias existentes, indisponibilidades, taxa de avarias, rácios de esforço e custos, etc.

- É também essencial a existência de uma interface que seja de fácil utilização e “amigável” com o utilizador, apelando a operações simples e diretas. Assim, o utilizador tem tempo para realizar as suas atividades principais, dedicando-se ao software no tempo que lhe sobra.

A utilização de um sistema de gestão poderá proporcionar diversas oportunidades para uma organização, como a utilização de conceitos de manutenção e gestão; a existência de informação técnica sistematizada, disponível para quem precisar dela; a introdução de melhorias na organização; a produção automática de relatórios e indicadores de manutenção e por fim o aumento da produtividade.

#### **2.5.5. 5S's**

Os 5S's são utilizados como uma técnica de higiene ambiental no local de trabalho. Este conceito teve a sua origem no Japão e baseia-se em cinco palavras Japonesas: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke. Estas palavras quando traduzidas para português significam classificar, organizar, limpar, normalizar e respeitar (Douglas, 2002). Os princípios dos 5S's estão especificados na figura 6.

Esta metodologia Lean é considerada uma das ferramentas mais eficientes, tendo o objetivo de remover todos os desperdícios no local de trabalho, sempre com o pensamento que só permanece o que é extremamente necessário para a realização das tarefas. Esta metodologia apoia a existência de uma imagem clara do ambiente de trabalho, ou seja, tudo tem um lugar e uma posição específica (Agrahari, Dangle, & Chandratre, 2015).

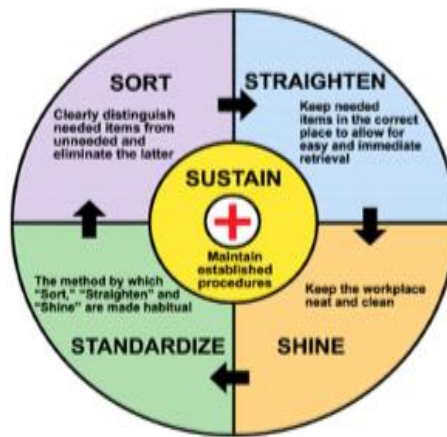


Figura 6 - Diagrama que contem os princípios dos 5S's (Agrahari, Dangle, & Chandratre, 2015)

A implementação dos 5S's deve começar com a formação de todos os colaboradores, de modo a que lhes sejam inculcados o porquê da utilização desta metodologia e as suas vantagens. É importante que todos os trabalhadores entendam e concordem com a necessidade de usar os 5S's nos seus locais de trabalho, por isso o ensinamento deve ser realizado de uma forma clara e sucinta. É importante referir que estas regras não são somente para ser utilizadas no chão de fábrica, mas também em todos os armazéns, escritórios e setores (Michalska & Szewieczek, 2007).

#### 1. Classificar:

É importante classificar todos os materiais consoante a sua utilidade como frequentemente, ocasionalmente e raramente. Este processo ajuda a identificar os materiais, ferramentas e equipamentos para a realização de todas as tarefas. Através da classificação dos materiais é possível eliminar os desperdícios (matérias primas e materiais), produtos não conformes e ferramentas danificadas. Isto ajuda a manter o local de trabalho asseado, diminui o tempo de execução das tarefas, melhora a eficiência de todo o processo de trabalho e previne a existência de ferramentas em falta.

#### 2. Organizar:

Devem-se atribuir e definir os espaços para cada um dos objetos, deste modo é fundamental a criação de locais para objetos defeituosos, evitar a existência de locais inacessíveis para limpeza, procurar evitar as arrumações em profundidade e altura e delimitar as zonas pedonais e os espaços para os equipamentos. O uso de etiquetas coloridas permitem identificar o material, peças de reposição ou documentos e a marcação de todos os locais de armazenamento possibilitam a sua rápida identificação.

### 3. Limpar:

A realização de uma limpeza regular permite identificar e eliminar fontes de desordem, mantendo o local de trabalho asseado. Este princípio torna-se fundamental garantindo a política de segurança e saúde no trabalho. É também indispensável cuidar e manter a limpeza pessoal dos operadores e técnicos.

### 4. Normalizar:

Este princípio garante que os passos apresentados até então, se mantêm devidamente implementados e presentes no dia-a-dia da empresa. É fundamental definir procedimentos e instruções de trabalho (devem ser claros e fáceis de entender) para que a ordem se mantenha no local de trabalho.

### 5. Respeitar:

Aplicar os 5S's como um hábito diário, sendo necessária uma autodisciplina dos colaboradores de modo a obedecer às regras estabelecidas. Isto vai levar à diminuição de processos não conformes e a melhorias na comunicação e nas relações humanas. Existe a necessidade de criar inspeções através de um Checklist de modo a estimar o local de trabalho. Esta inspeção deve ser realizada uma vez por mês.

Foi encontrado um caso de estudo, cujo tema é a prática dos 5S's no setor da manutenção. Martins, Ferreira e Martins (2016) desenvolveram um estudo onde abordaram a implementação desta metodologia no setor de manutenção na Indústria de embalagens. Este setor era composto por ferramentas em mau estado, reclamações informais, desperdício de recursos e falta de organização. A aplicação dos 5S's trouxe, no início, alguma resistência por parte de alguns colaboradores, mas com o decorrer do tempo foram se familiarizando com a ferramenta e absorveram a mudança, trazendo diversos benefícios para a organização.





## Capítulo 3 – Estudo de Caso

### 3.1. Apresentação da empresa

A Heliflex Tubos e mangueiras S.A (figura 7) é uma empresa que se situa na zona industrial da mota, na Gafanha da Encarnação, Ílhavo. Há mais de 49 anos a Heliflex tem sido considerada uma empresa de renome no que toca à sua experiência única na transformação de polímeros e pela sua diversidade de produtos.



Figura 7- Empresa Heliflex

#### 3.1.1. História

Foi a 1 de setembro de 1969 que surgiu a Heliflex tubos flexíveis Lda. em Portugal. Após algum tempo da criação da empresa esta passou a ser designada por Heliflex Petzetakis Tubos S.A. e a 6 de fevereiro de 2007 passou a ser Heliflex Tubos e Mangueiras, S.A. A 1 de Janeiro de 1971 depois de um congresso em Atenas nasceu a ideia da criação de uma unidade produtiva na organização e foi a partir deste momento que a Heliflex deu o salto e introduziu no mercado uma enorme variedade de produtos com excelente qualidade quando comparada com outras empresas, garantindo a sua liderança no mercado. Face ao seu crescimento registado nos últimos anos e à crescente competitividade no mercado, a Heliflex decidiu alargar a sua gama de produtos e apostou em produtos mais tecnológicos aumentando o seu leque de ofertas e apostando sempre na qualidade dos seus produtos. Este crescimento contínuo permitiu que a empresa crescesse também internacionalmente impondo a sua posição no mercado com a abertura de seis filiais: Heliflex

Angola (dezembro 2008), Heliflex Moçambique (agosto 2009), Heliflex Sud América (setembro 2009), Heliflex Brasil (abril 2010), Heliflex East Europe (fevereiro,2016) e Heliflex Marrocos. Atualmente a Heliflex continua com uma ótima posição no mercado e é muito reconhecida pelo seu esforço e dedicação.

### **3.1.2. Valores**

*“A honestidade é um fator primordial do nosso sucesso e é dela que dependem as boas relações de parceria. Sabemos que a confiança dos nossos clientes e consumidores é essencial, por isso a privilegiamos”.* A partir desta citação considera-se que o foco principal da Heliflex são os seus clientes a sua satisfação. Os valores presentes na organização são os seguintes:

- **Qualidade:** trata-se de uma organização certificada pela norma NP EN ISO 9001:2008 e pela AENOR. Considera que tem de existir qualidade para a eficiência dos seus produtos e na procura de melhores soluções para os seus parceiros.
- **Saber fazer:** A experiência que têm juntamente com a aplicação de tecnologias ao serviço da qualidade garante o sucesso da organização.
- **Inovação:** A satisfação tecnológica juntamente com o valor pró-ativo resultam na existência de uma satisfação total dos seus clientes.
- **Solidez:** A Heliflex considera-se como uma empresa sólida, credível e estável, fruto do trabalho realizado há mais de 49 anos.

### **3.1.3. Missão**

A Heliflex pretende ser uma empresa de referência no fabrico e comercialização dos tubos, mangueiras e sistemas de rega. Considera importante inovar, evoluir e principalmente satisfazer o cliente pela sua qualidade e serviço. Considera igualmente importante, a crescente eficácia dos recursos humanos com o intuito de gerar valor aos acionistas e colaboradores. Deseja ser uma empresa cumpridora e responsável, de forma a cooperar para o ambiente socio - económico de toda a comunidade envolvente.

### 3.1.4. Sistema produtivo da organização

Como já foi referido a Heliflex dedica-se à produção de tubos e mangueiras, como consequência o seu principal processo de produção é a extrusão de perfis (figura 8). O processo de extrusão caracteriza-se como uma produção contínua que transforma os materiais virgens (resinas plásticas,  $\text{CaCO}_3$ , micro doses e líquidos) em PVC granulado que vai servir de matéria-prima para a produção das mangueiras e dos tubos. O procedimento de extrusão também é utilizado para produzir os produtos acabados onde os granulados são transformados em tubos ou mangueiras. A organização é composta por 4 setores diferentes: Misturas, Heliflex, Helivil e Hidrodur.

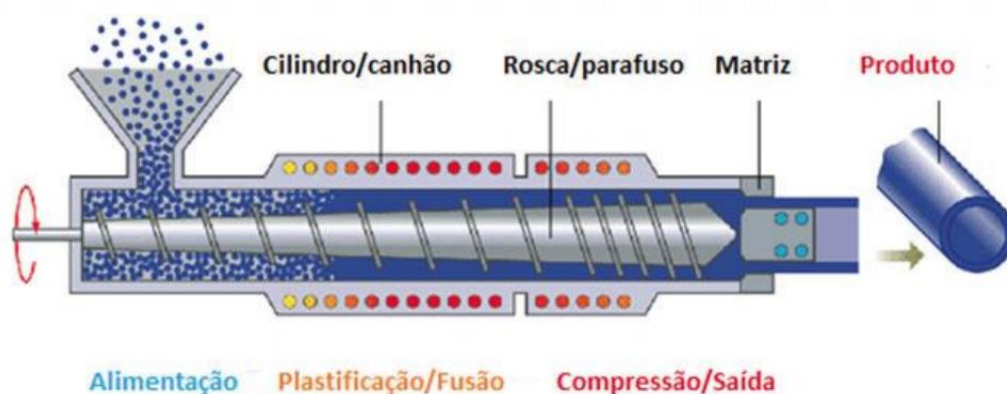


Figura 8 - Processo de extrusão

O processo de produção inicia-se com a receção dos materiais virgens, que chegam por via dos fornecedores. Seguidamente, o departamento da qualidade verifica se o material virgem está em condições para ser utilizado. Caso se verifique, que o dito material não está em bom estado, o departamento de compras é informado e procede imediatamente a uma reclamação ao fornecedor que terá de enviar novos materiais em perfeitas condições. Caso contrário, se o material virgem vier em boas condições, reencaminha-se para locais onde é armazenado. O setor das misturas recebe a ordem de fabrico, proveniente da produção, com a informação dos materiais que são necessários para a produção do tipo de mangueira pretendida. Após esta receção, os materiais seguem para as linhas de produção onde é fabricado o granulado que servirá de matéria prima para outros setores. Depois de receber a ordem proveniente do setor de produção, o operador prepara os equipamentos. A produção, inicia somente quando o produto está de acordo com as especificações da sua Ficha Técnica. Caso haja desperdícios no fabrico da mangueira ou tubo, são

levados para o moinho, onde são transformados em matéria prima reciclada (processo cíclico). O produto acabado segue para o departamento da qualidade onde é testado. Se os testes derem negativo, o produto “transforma-se” em material desperdiçado e segue para os moinhos. Se estiver em perfeitas condições, prossegue para a embalagem e assim termina o processo de produção (figura 9).

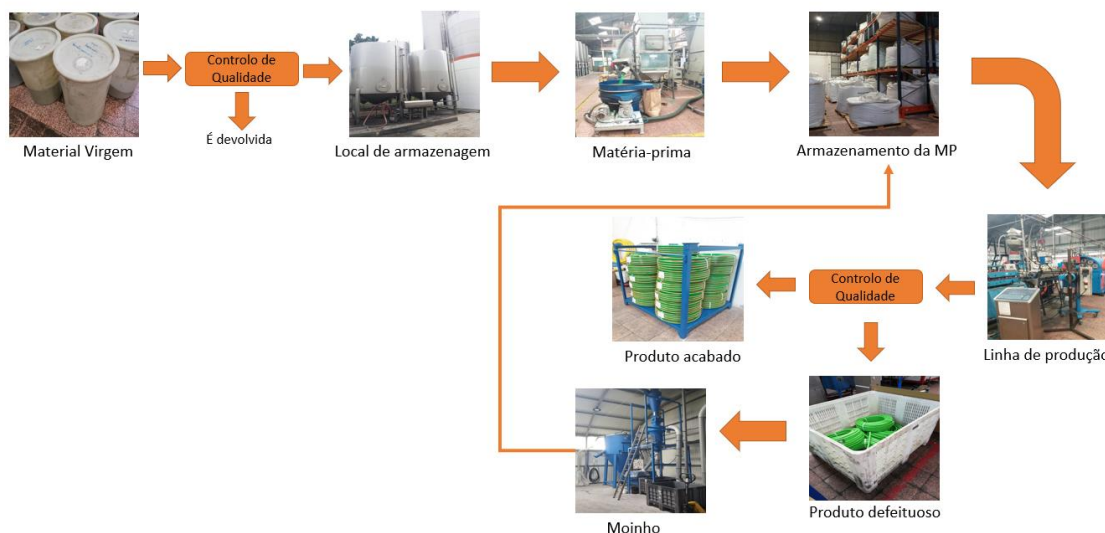


Figura 9 - Processo de produção

### 3.1.5. Setor das Misturas

O Setor das Misturas caracteriza-se por ser o mais complexo e o mais importante, uma vez que produz a matéria-prima para todos os Setores de produção. Como tal, se este setor não funcionar todos os outros não poderão produzir.

O processo das misturas (figura 10) inicia-se com a receção dos materiais virgens que de seguida são armazenados nos silos. Os materiais líquidos são armazenados em 8 silos e em 4 cubas interiores, as micro doses são armazenadas em 6 silos, o  $\text{CaCO}_3$  é armazenado num silo e por fim existem 3 silos para o armazenamento das resinas PVC. Seguidamente, procede-se à pesagem dos materiais líquidos na balança D, à pesagem das micro doses na balança C, à pesagem do  $\text{CaCO}_3$  na balança A e à pesagem das resinas PVC na balança B. Depois de pesados, estes materiais são transportados para as misturadoras. Os motores que ajudam neste transporte estão localizados nos Silos. A misturadora tem como função misturar todos os materiais (a mistura destes materiais é

realizada com a ajuda de um motor) e por fim arrefecê-los no arrefecedor. Posteriormente é novamente feito o transporte para a granuladora através de um motor de transporte presente na misturadora. Na granuladora o material passa por um sistema de arrefecimento e prossegue para o crivo ou peneira onde o grão é armazenado. Finalmente, com a ajuda de um compressor o granulado (figura 11) cai diretamente em bigbags que armazenam a MP, seguindo para os diferentes setores de produção.

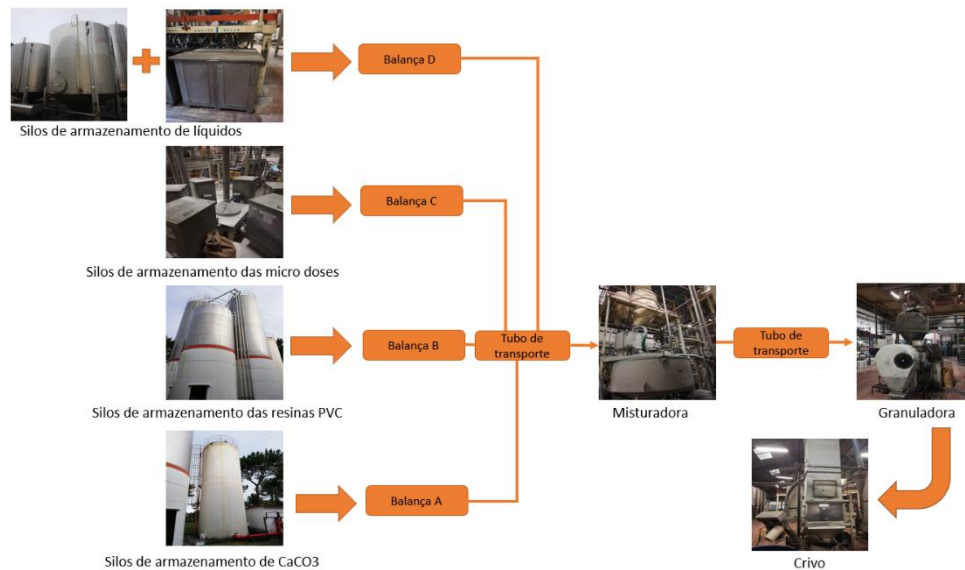


Figura 10 - Subprocesso de produção nas misturas



Figura 11 - Granulado proveniente das Misturas

### 3.1.6. Setor Heliflex

O Setor Heliflex foi o primeiro setor produtivo da organização, é por isso o mais antigo. Este setor caracteriza-se por produzir tubos em PVC flexível e rígido (proveniente do setor das misturas) com a espiral rígida (originária de um fornecedor) – figura 12. Neste setor existem 7 linhas de produção que produzem uma variada gama de produtos com diferentes aplicações:

- Limpeza de piscinas
- Condução de produtos alimentares e água
- Sucção de líquidos e sólidos
- Aspiração e ventilação
- Proteção de cabos elétricos



Figura 12 - Produto final do Setor Heliflex

### 3.1.7. Setor Helivil

O Setor Helivil possui 12 linhas de produção e a matéria-prima utilizada é o pvc flexível (proveniente do setor das misturas) e o fio poliéster (originário de um fornecedor) – figura 13. Este setor é o que produz todas as mangueiras de jardim e as mangas, como tal estas são caracterizadas por serem bastante flexíveis e por terem uma camada de fio poliéster. Este é o setor com mais linhas de produção e produz uma gama variada de produtos com diferentes aplicações:

- Jardim
- Condução de gás e água
- Combate a incêndios
- Soldadura: condução de acetileno e oxigénio
- Condução de produtos alimentares



Figura 13 - Produto final do Setor Helivil

### 3.1.8. Setor Hidrodur

O Setor Hidrodur é constituído somente por 2 linhas de produção e a matéria-prima utilizada no processo de extrusão é o pvc rígido (produzido no setor das misturas), o polipropileno e o polietileno (originários de fornecedores externos) – figura 14. Este setor, tal como os outros também tem uma gama com variados produtos e com várias aplicações:

- Construção
- Rede de canalização doméstica



Figura 14 - Produto final do Setor Hidrodur

## 3.2. Política de Trabalho da Organização

O setor das misturas é liderado por um chefe de setor com o horário diurno das 8:30 às 17:30. Este por sua vez chefia os respetivos operadores que trabalham por turnos.

Os outros setores (Heliflex, Helivil e Hidrodur) acrescidos do setor das misturas são compostos por 3 chefes de turno e respetivos operadores, ambos com horários de turnos (tabela 5). O chefe



de setor tem a função de ajudar no planeamento da produção, sendo também fundamental no arranque da linha de produção e na organização geral do departamento de produção. O chefe de turno é responsável por organizar e fazer a verificação de todas as ferramentas necessárias no arranque da produção, ajuda os operadores durante todo o processo de fabrico e realiza grande parte da preparação e arranque das linhas de produção.

A embalagem é constituída somente por operadores com o horário diurno das 8:00h às 16:00h.

O armazém é chefiado por um chefe de armazém que por sua vez organiza e acompanha os respetivos operadores. Ambos têm o horário diurno das 8:30h às 17:30h. A equipa de manutenção é chefiada pelo diretor de manutenção e ao todo, na organização, existem três técnicos de manutenção cada um com várias funções. O primeiro técnico de manutenção trata das avarias elétricas e mecânicas das máquinas, o segundo tem como principal função fazer a lubrificação de todos os equipamentos e por fim o terceiro realiza trabalho de serralharia. Todos eles têm um horário diurno das 8:00 h às 17:00 h.

Todos os outros colaboradores da organização (desde administrativos, engenheiros, recursos Humanos, etc.) têm o horário diurno das 8:30 às 17:30.

Tabela 5 – Especificação do horário dos colaboradores

Função	Horário
Chefe de Setor	8:30h -17:30h
Chefe de Turno	08:00h - 16:00h 16:00h - 00:00h 12:00h - 08:00h
Operador	08-00h - 16:00h 16:00h - 00:00h 00:00h – 08:00h



## Capítulo 4 – Aplicação de metodologias e ferramentas utilizadas na gestão da manutenção na Heliflex

### 4.1. Avaliação do desempenho atual

Como já foi mencionado na secção 2.5., a medição do desempenho através da análise dos dados de manutenção torna-se fundamental, principalmente, porque através da sua análise e da aplicação de diversas ferramentas é possível definir planos de melhoria, aumentando a eficiência dos equipamentos e diminuindo os custos de manutenção. Como tal, foram analisadas 224 PAV's (Folhas de Participação de Avaria e Reparação – figura 15) de modo a obter os dados de todas as avarias do Setor de Produção do ano 2018. A participação e descrição da avaria é realizada pelo operador que identifica o Setor e a linha de Produção onde esta ocorreu, e o equipamento danificado. De seguida a PAV é entregue ao técnico de manutenção que regista a data e a hora da recção da mesma, a data e hora da entrega do material e o tempo aplicado na reparação. A partir destes dados é possível calcular o tempo de espera (intervalo de tempo entre a receção da PAV e a entrega do material reparado, subtraindo o tempo de reparação). O responsável pela manutenção tem como função, descrever a reparação efetuada e registar o tipo de material utilizado na reparação e respetiva quantidade. O custo total da reparação deve também ser registado, procedimento este que neste momento não é concretizado. Depois do documento estar preenchido é entregue ao diretor de produção (figura 16).

Figura 15- Folha de participação de avaria e reparação

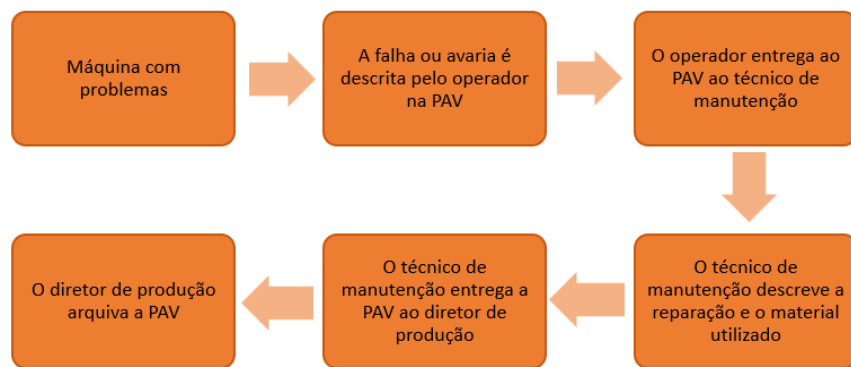


Figura 16 - Processo da ocorrência e reparação de uma avaria

**Foram então analisados os seguintes dados:**

### 1. Tipo de avarias mais frequentes

As avarias analisadas podem ser de dois tipos: mecânicas e elétricas. Apesar de também existirem avarias pneumáticas, são mínimas quando comparadas com o outro tipo de avarias.

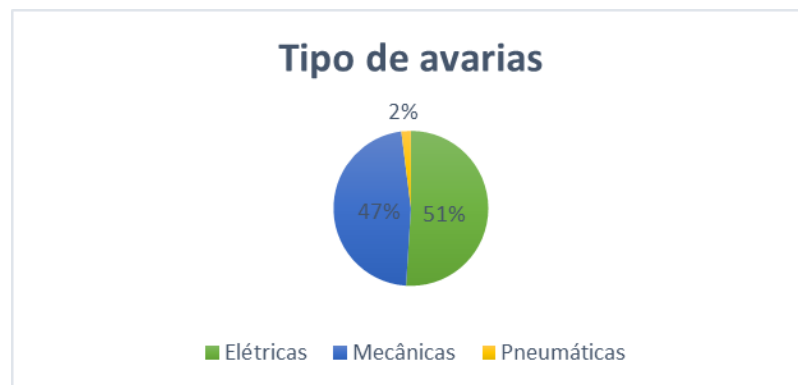


Figura 17 – Tipo de avarias mais frequentes

As avarias mais frequentes no ano de 2018 foram as avarias elétricas com 51% de percentagem, logo a seguir as avarias mecânicas com 47 %, e por fim com uma percentagem mínima de 2%, tem-se as avarias pneumáticas (figura 17).

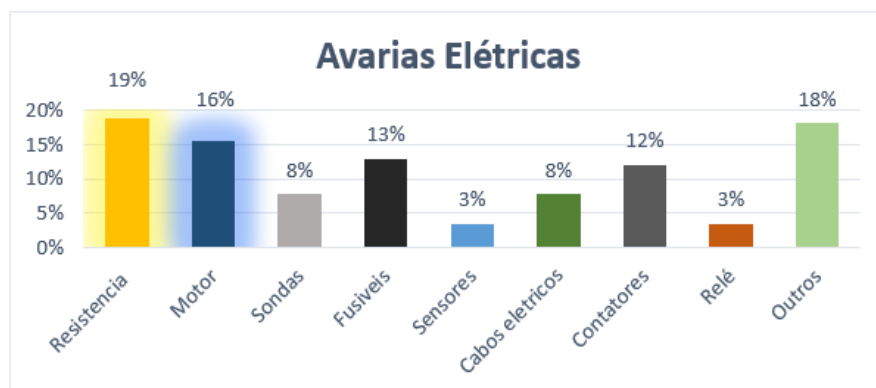


Figura 18 -Tipo de avarias elétricas mais frequentes

É possível concluir que o tipo de avarias elétricas mais frequentes foram as avarias nas resistências das máquinas de extrusão e avarias nos motores (figura 18). Ao todo, na fábrica, existem cerca de 55 máquinas de extrusão (representando 24% do total dos 233 equipamentos), cada uma no mínimo com 20 resistências e no máximo 60. O uso recorrente das máquinas e a sua elevada taxa de utilização tem como consequência a queimadura das resistências. Os motores têm cerca de 16% das avarias elétricas. Estas avarias são muito frequentes nos motores de corrente contínua, mais precisamente nas suas escovas, sendo necessário proceder à sua substituição.

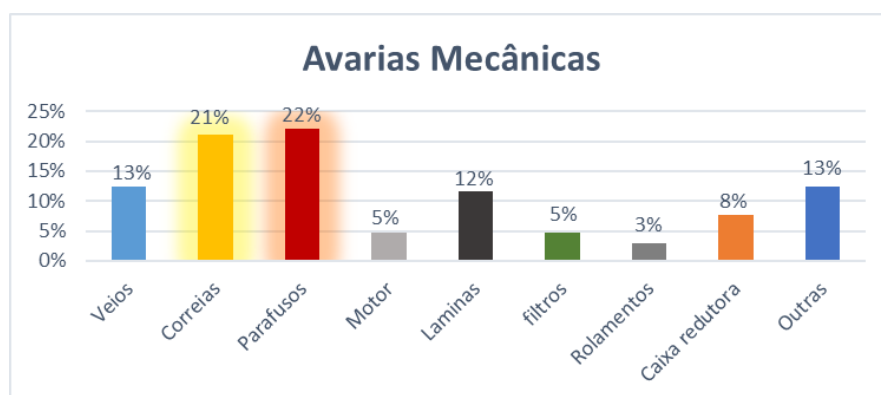


Figura 19 – Tipo de avarias mecânicas mais frequentes

Depois de analisar o gráfico das avarias mecânicas, conclui-se que as mais frequentes foram as avarias nos parafusos e correias (figura 19). Os parafusos são maioritariamente utilizados nas ferramentas de fabrico que estão presentes em todas as linhas de produção. Frequentemente, quando se realiza a montagem da linha verifica-se que os parafusos estão quebrados ou em mau estado. As correias são mais utilizadas nas entraçadeiras, podendo também quebrar causando falhas nestes equipamentos.

## 2. Número de avarias por equipamento

A análise dos dados de todas as avarias permitiu o registo do número de avarias por equipamento, presentes no seguinte gráfico.

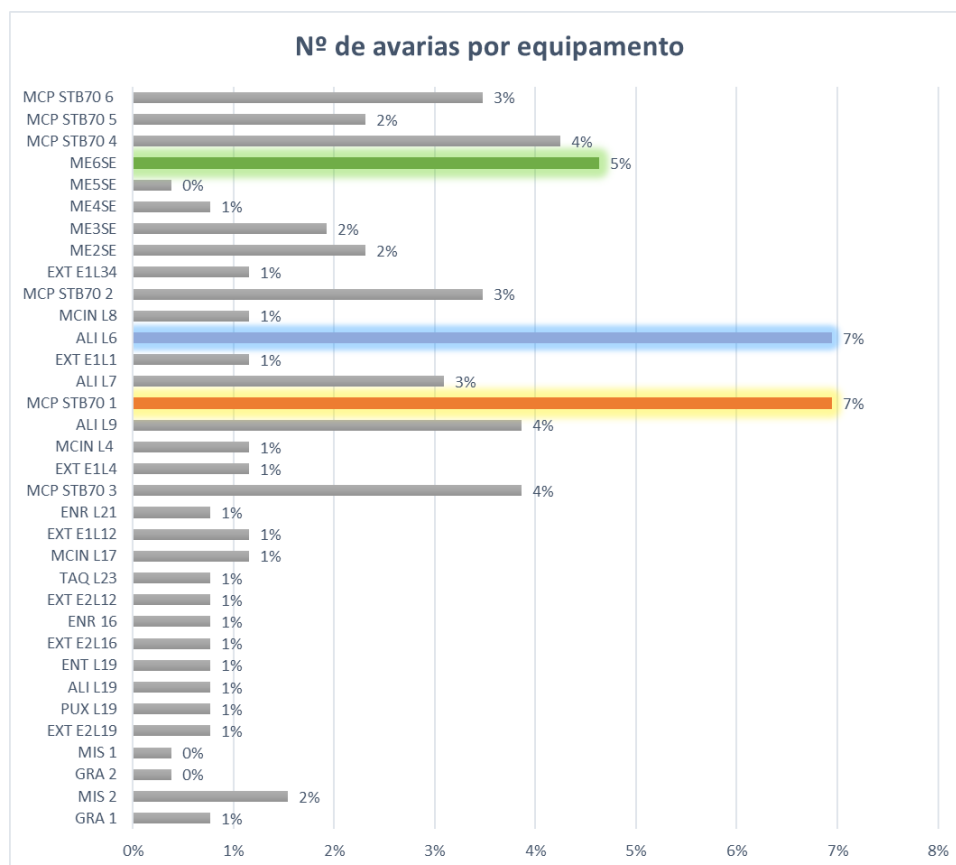


Figura 20 – Nº de avarias por equipamento

Os equipamentos com avarias mais frequentes foram: a máquina de embalar ME6SE com cerca de 5% das avarias (figura 20); o alimentador (ALI L6), que está maioritariamente presente na linha 6 do Setor Heliflex e a máquina de cintar portátil STB70 1, com 7% das avarias. O alimentador (figura 21) tem como função “aspirar” a matéria-prima dos bigbags e transferi-la para a extrusora. A máquina de cintar portátil (figura 22) é utilizada para fazer a cintagem dos produtos da linha 6, 7 e 8. A máquina de embalar (figura 23) tem como função fazer a embalagem do produto final.



Figura 21- Alimentador ALI L6



Figura 22- Máquina de cingar portátil STB70 1



Figura 23- Máquina de embalar ME6SE

### Número de horas de intervenção por equipamento

Através das PAV's retirou-se o tempo aplicado pelo técnico de manutenção na reparação dos equipamentos como se pode visualizar no próximo gráfico apresentado.

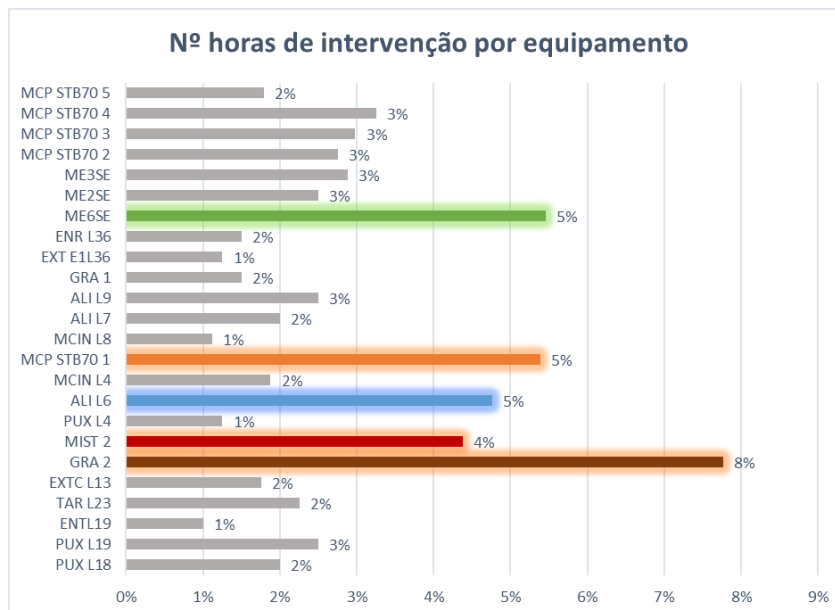


Figura 24- Nº de horas de intervenção por equipamento

Tal como o previsto, o número de horas de intervenção por máquina teve uma percentagem maior na máquina de embalar ME6SE, na máquina de cintar portátil STB70 1 e no alimentador ALI L6 com 5% das horas de intervenção. Através da análise deste gráfico (figura 24) observa-se também que a misturadora 2 (MIST 2 - figura 25) conteve cerca de 4% das horas de intervenção e a granuladora 2 (GRA 2 – figura 25) que com apenas 1 avaria registada no ano de 2018 teve uma percentagem de horas de intervenção de 8%. A explicação para este facto é que quando estes equipamentos têm uma avaria, apesar de poucas vezes por ano, levam sempre muito tempo a ser reparados. É importante referir que os equipamentos presentes no setor das misturas têm um tempo de funcionamento muito elevado. Atualmente já se realiza uma manutenção preventiva a este setor. Os planos de manutenção baseiam-se maioritariamente em lubrificações, limpezas e verificações anuais dos equipamentos.



Figura 25- Misturadora 2 e Granuladora 2

#### **4.1.2. Cálculo dos Indicadores de Desempenho**

Depois de analisados todos os dados das avarias presentes no ano 2018 foi possível realizar o cálculo dos indicadores de desempenho de manutenção. Tal como já foi referido, na secção 2.3., o cálculo destes indicadores é fundamental para que os gestores possam definir metas, objetivos e estratégias de manutenção para a sua melhoria.

O cálculo destes indicadores foi efetuado para as máquinas que possuíam uma maior percentagem de avarias: alimentador ALI L6, máquina de cintar portátil STB70 1 e a máquina de embalar ME6SE. Estes indicadores não foram calculados para a misturadora e granuladora porque estes equipamentos apresentaram uma percentagem de avarias mínima no ano 2018.

### ***Time between Failures (MTBF)***

O MTBF tal como o nome sugere caracteriza-se como sendo o tempo médio entre falhas. Um valor elevado de MTBF significa que os equipamentos têm um maior tempo de funcionamento sem a ocorrência de avarias. A seguir são representados os gráficos com os valores do MTBF para o alimentador ALI L6, a máquina de cintar portátil STB70 1 e a máquina de embalar ME6SE.

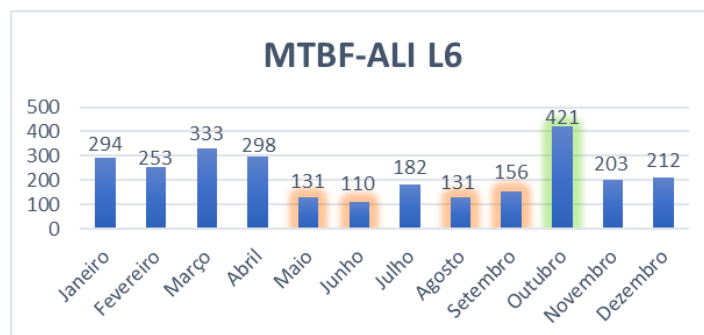


Figura 26 - Valor de MTBF para o alimentador ALI L6

Segundo a análise do gráfico (figura 26) o mês de outubro foi o que apresentou um maior valor de MTBF, 421, significando que, neste mês, o equipamento trabalhou mais tempo com ausência de avarias. Os meses de maio, junho, agosto e setembro tiveram um valor de MTBF mais baixo: 131, 110, 131 e 156 respetivamente. No mês de agosto, depois de 131 horas de funcionamento ocorreu uma avaria e no mês de setembro passaram 156 horas.

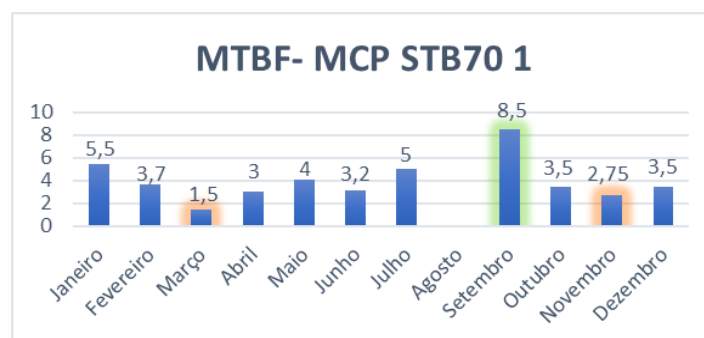


Figura 27 – Valor de MTBF para a máquina de cintar portátil STB70 1

A máquina de cintar portátil registou o valor mais elevado de MTBF no mês de setembro, ou seja, em cerca de 8,5 horas de funcionamento não ocorreram falhas no equipamento. Os valores mais baixos foram registados nos meses de março e outubro, 1,5 e 2,75 respetivamente. É importante referir que a máquina de cintar apresentou tempos de funcionamento muito baixos,

trabalhando no máximo 8,5 horas por mês. No mês de agosto esta máquina não trabalhou tendo um tempo de funcionamento de 0 (figura 27).

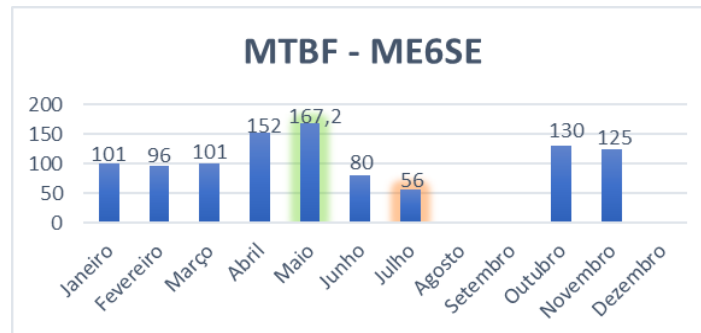


Figura 28 – Valor de MTBF para a máquina de embalar ME6SE

Para a máquina de embalar o valor mais alto registado de MTBF foi de 167,2 no mês de maio, ao contrário do mês de julho que registou um valor de MTBF de 56 devido à existência de avarias, durante o tempo de funcionamento do equipamento. Nos meses de setembro e dezembro durante o seu tempo de funcionamento a máquina não possuiu avarias e no mês de agosto a máquina de embalar esteve parada (figura 28).

### ***Mean Time to Repair (MTTR)***

O indicador MTTR (tempo médio de reparação) consiste no prazo médio que o técnico de manutenção demora a pôr o equipamento a funcionar novamente. A seguir são apresentados os gráficos com os valores de MTTR para os equipamentos que registaram mais avarias.

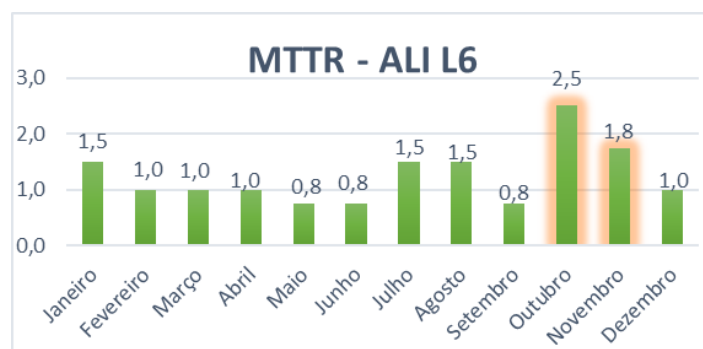


Figura 29– Valor de MTTR para o alimentador ALI L6

O valor mais alto registado de MTTR foi 2,5 no mês de outubro, 1,8 no mês de novembro e 1,5 nos meses de janeiro, julho e agosto. Todos os outros meses apresentaram um valor baixo de MTTR



o que significa que o técnico de manutenção demorou pouco tempo a reparar o equipamento (figura 29).

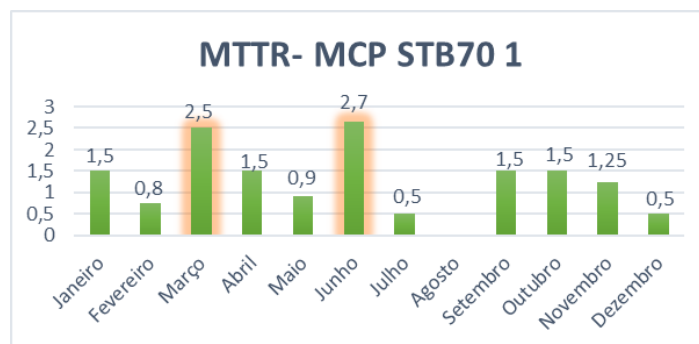


Figura 30 – Valor de MTTR para a máquina de cintar portátil STB70 1

A máquina de cintar portátil STB70 1 apresentou o valor mais elevado de MTTR no mês de junho, cerca de 2,7 e logo a seguir veio o mês de março com 2,5. Nos outros meses foram registados valores mais baixos de MTTR, mas são considerados elevados quando comparados com o tempo de funcionamento da máquina (figura 30).

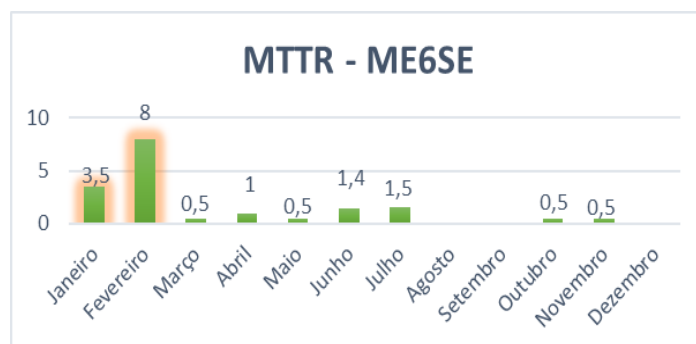


Figura 31 – Valor de MTTR para a máquina de embalar ME6SE

A máquina de embalar ME6SE teve valores elevados de MTTR nos meses de janeiro e fevereiro com os valores de 3,5 e 8 respetivamente. O técnico de manutenção dispensou muito tempo na reparação deste equipamento durante estes meses, ao contrário dos meses seguintes (figura 31).

### **Mean Waiting Time (MWT)**

O MWT define-se como a média dos tempos de espera de atendimento aos pedidos de reparação das avarias. Seguem-se os gráficos com este indicador para cada um dos equipamentos registados com mais avarias.

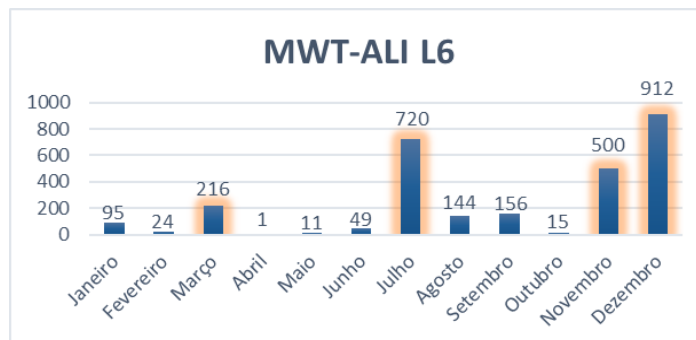


Figura 32 – Valor de MWT para o alimentador ALI L6

O valor mais elevado de MWT foi registado no mês de dezembro, 912, seguiu-se o mês de julho com 720, o mês de novembro com 500 e o mês de março com 216. Com estes dados conclui-se que o técnico de manutenção nestes meses não atuou com muita rapidez (figura 32).

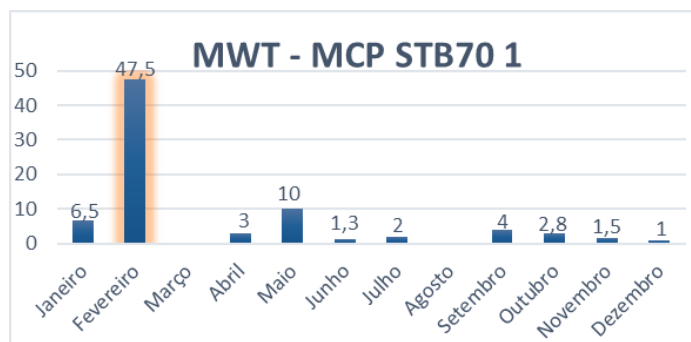


Figura 33 – Valor de MWT para a máquina de cintar portátil STB70 1

No mês de fevereiro registou-se um valor MWT de 47,5 tendo sido o valor mais alto registado. Neste caso é importante referir que o tempo de espera de reparação é muito elevado quando comparado com o tempo de funcionamento da máquina (figura 33).

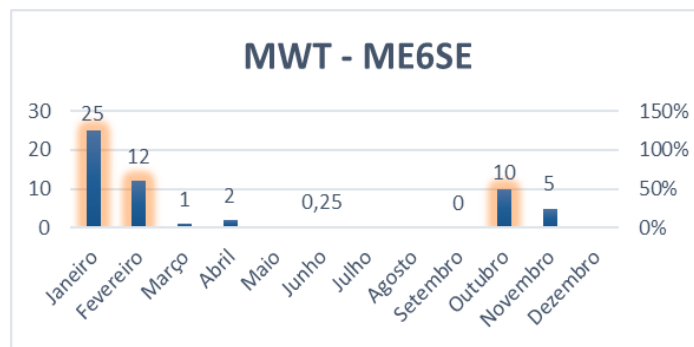


Figura 34 – Valor de MWT para a máquina de embalar ME6SE

A máquina de embalar ME6SE possuiu os valores mais elevados de MWT nos meses de janeiro, fevereiro e outubro (figura 34). Estes valores são baixos quando comparados com os tempos de espera de reparação do alimentador ALI L6.

Os valores elevados de MWT podem não representar a capacidade de resposta às avarias por parte do técnico de manutenção porque, frequentemente, existem avarias simultâneas nos diferentes equipamentos. O técnico de manutenção tem de reparar os mais prioritários e por vezes existem equipamentos, nomeadamente o alimentador, que podem ficar meses à espera de reparação. A solução encontrada pela organização, por possuírem um grande parque de equipamentos, passa pela substituição de um alimentador por outro, possibilitando a permutação de equipamentos entre linhas. Tal como o alimentador, a máquina de cintar portátil STB70 1 também apresenta *backup*. Existem ao todo cerca de 6 máquinas de cintar.

A época baixa da empresa compreende os meses de agosto a abril, sendo nestes meses, menor a taxa de utilização das máquinas, permite um maior tempo de espera para as suas reparações sem interferir com a produção e com os custos.

### Disponibilidade

A disponibilidade representa o desempenho do equipamento. O ideal será que todos os equipamentos tenham uma disponibilidade elevada. Na sequência do que foi realizado, efetuaram-se três gráficos que representam a disponibilidade do alimentador ALI L6, da máquina de cintar portátil STB70 1 e por fim da máquina de embalar ME6SE.

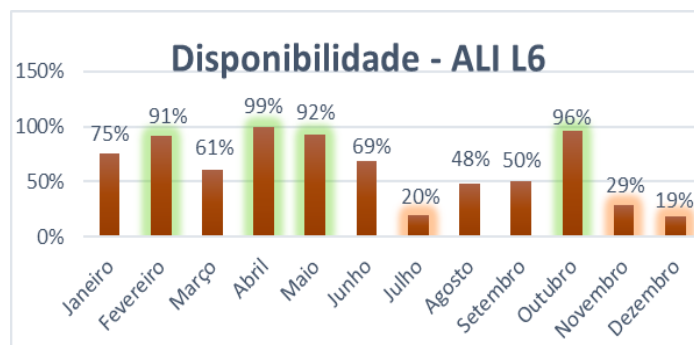


Figura 35 – Valor da disponibilidade para o alimentador ALI L6

A partir da análise do gráfico (figura 35), é possível concluir que o equipamento apresentou uma disponibilidade muito baixa nos meses de dezembro (19%), julho (20%) e novembro (29%). Nestes meses o equipamento esteve, na maior parte das vezes, indisponível para trabalhar. Nos meses de janeiro, março, junho e setembro teve uma disponibilidade de 75%, 61%, 69% e 50% respetivamente. Nos restantes meses a percentagem de disponibilidade foi mais elevada, chegando aos 99% no mês de abril.

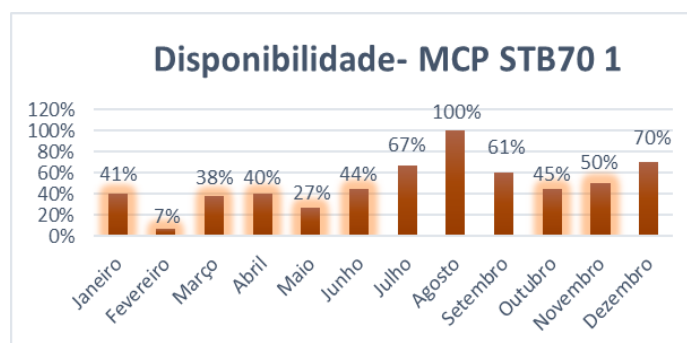


Figura 36 – Valor da disponibilidade para a máquina de cintar portátil STB70 1

A máquina de cintar portátil apresentou valores de disponibilidade baixos (figura 36). Tendo em conta o seu tempo de funcionamento, o tempo de reparação e espera são muito elevados. Isto leva a concluir que com poucas horas de funcionamento, este equipamento tem muitas avarias e como o tempo de espera e reparação são elevados, a máquina está muito tempo sem funcionar. No mês de agosto apresentou uma disponibilidade de 100%, porque não trabalhou e, por conseguinte, não teve avarias.

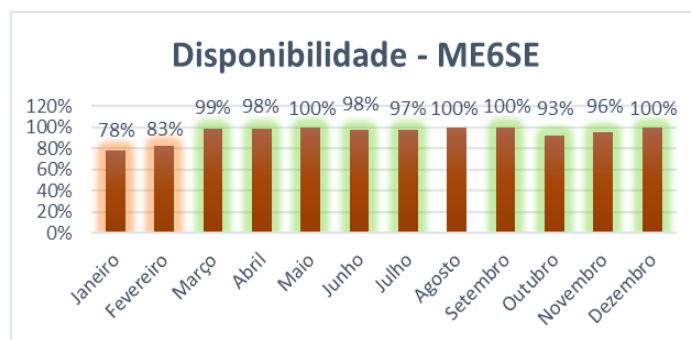


Figura 37 – Valor da disponibilidade para a máquina de embalar ME6SE

A máquina de embalar ME6SE possuiu uma menor disponibilidade nos meses de janeiro e fevereiro (figura 37). Nos restantes meses a disponibilidade do equipamento foi muito elevada. No mês de agosto não funcionou. Nos meses de setembro e dezembro apesar do seu tempo funcionamento, não foram registadas avarias, apresentando uma disponibilidade de 100%.

Apesar da disponibilidade, do alimentador e da máquina de cintar, ser baixa, existem sempre equipamentos para “cobrir” esta baixa disponibilidade. A máquina de cintar STB70 1 e o alimentador ALI L6 tiveram uma maior taxa de utilização quando comparados com as outras máquinas de cintar e alimentadores por isso é que no ano de 2018 apresentaram uma taxa de avarias muito elevadas.

### Indicador OEE

O indicador OEE permite ter uma visão geral do desempenho real da organização. Neste caso específico, este indicador mediu a eficácia dos equipamentos ao longo de todas as linhas de produção.

A Heliflex tem ao todo cerca de 22 linhas de produção contínua, mas de acordo com a análise dos dados das avarias de produção no ano 2018, observou-se que o alimentador ALI L6, a máquina de cintar portátil STB70 1 e a máquina de embalar ME6SE apresentaram uma maior percentagem de avarias. O alimentador está maioritariamente situado na linha 6, podendo ser também utilizado nas linhas 7 e 8. As máquinas de cintar portáteis são utilizadas para fazer a cintagem dos produtos das linhas 6,7 e 8 do setor Heliflex. A partir desta análise foi pertinente calcular o indicador OEE para estas linhas, de modo a verificar se as avarias interferiam com a eficácia total da linha de produção. Foi calculado o indicador OEE para a linha 6 (da qual faz parte o alimentador), e para a

linha 7 e 8, devido ao facto de serem as linhas que têm uma maior utilização das máquinas de cintar portáteis e do alimentador.

A linha de extrusão é composta por uma grande variedade de equipamentos. Os equipamentos presentes na linha 6,7 e 8 são os seguintes:

- Alimentador de matéria-prima
- Máquina de extrusão
- Carro de calibradores
- Enrolador
- Máquina de marcação
- Máquina de cintar portátil

Atualmente, ao longo de todo o processo de extrusão são quantificados os kilos de produção produzidos e os kilos de desperdício. Estes são registados no terminal de produção pelo operador responsável pela linha.

### **Implementação do Indicador *OEE***

Tal como já foi mencionado na secção 2.3.5. o indicador *OEE* pode ser classificado como um indicador “tridimensional” que representa as três principais perdas relacionadas com os equipamentos.

$$OEE = Disponibilidade \times Eficiência \times Qualidade$$

As principais perdas existentes no processo de extrusão são:

#### **➤ Perdas de inatividade (Disponibilidade)**

1. Perdas de produto defeituoso.
2. Perdas de *Set up* quando é realizada a preparação da linha de produção.
3. Existência de avarias.
4. Perdas no aquecimento da máquina de extrusão.

#### **➤ Perdas de velocidade (Eficiência)**

1. Perdas quando a produção é interrompida por mau funcionamento.
2. Perdas de velocidade – quando uma certa velocidade de extrusão é obrigatória.

➤ **Perdas de Qualidade**

1. Quando as temperaturas das máquinas de extrusão não são adequadas.
2. Granulado não conforme.
3. Produto final não conforme.

Das perdas planeadas fazem parte a realização de atividades de manutenção preventiva, a existência de reuniões e o tempo dispensado para a formação dos colaboradores.

Tal como já foi referido os operadores trabalham por 3 turnos rotativos, com cerca de 8 horas cada. Nos dias da recolha dos dados não existiram paragens planeadas por isso considerou-se o tempo disponível de 8 horas por turno. Como o estágio é realizado das 8:30h às 17:30h apenas foi possível a análise dos dados referentes ao turno das 8:00h às 16:00h.

Para o cálculo do indicador *OEE* foi necessária a existência de diversos dados, como:

- O código do produto (presente na ficha do produto)
- Tempo de produção disponível
- Tempo de perdas (*Set up's ...*)
- Velocidade (presente na ficha do produto)
- Produção atual (kg)
- Produção defeituosa (Kg)
- Peso unitário (presente na ficha do produto)

Os dados recolhidos ao longo de dez dias serviram para o cálculo do indicador *OEE*, através de uma folha Excel. A tabela seguinte, apresenta um exemplo para a linha 6.

Tabela 6 – Tabela com os dados necessários para o cálculo do indicador *OEE* da linha 6

	Código	Tempo de produção (horas)	Tempo de perdas (Set up, avarias, etc)	Velocidade(mt/h)	Produção (kg)	Desperdício (kg)	Comprimento/unidade	Peso verificado /unidade	Produção Planeada	Tempo de Produção real
Dia 1	30105009002511x	8	3	62	432	68	25	34	675	5
Dia 2	30105009002511x	8	0	62	465	16	25	34	675	8
Dia 3	23001406502511	8	2	65	415	15	25	36	749	6
Dia 4	30104415003051A	8	2	49	590	20	30	51	666	6
Dia 5	30104220001062	8	1	37	650	17	10	29	858	7
Dia 6	30104415003051A	8	0	49	663	2	30	51	666	8
Dia 7	30104415003051A	8	0	49	650	8	30	51	666	8
Dia 8	30201507603062	8	2	52	774	29	30	54	749	6
Dia 9	30201507603062	8	0	52	740	6	30	54	749	8
Dia 10	3020201003061	8	1	36	480	24	30	96	922	7

O tempo de perdas em *set ups* e avarias, a produção e o desperdício, produzidos durante os oito horas de trabalho e o peso verificado por unidade, foram os dados anotados pelos operadores. Os restantes dados (velocidade e o comprimento por unidade) estão presentes na ficha técnica do produto. Estes últimos foram necessários para calcular a produção planeada, através da seguinte equação:

$$\text{Produção planeada (kg)} = ((\text{Velo. esperada} \times \text{tempo prod.}) \div \text{Comp}) \times \text{Peso verif.}$$

Partindo destas informações, foi possível calcular a percentagem de disponibilidade, eficiência e qualidade da linha 6, presentes na tabela 7.

Tabela 7 – percentagens de disponibilidade, eficiência e qualidade para a linha 6

	Disponibilidade	Eficiência	Qualidade
Dia 1	63%	64%	84%
Dia 2	100%	69%	97%
Dia 3	75%	55%	96%
Dia 4	75%	89%	99%
Dia 5	88%	76%	97%
Dia 6	100%	99%	100%
Dia 7	100%	98%	99%
Dia 8	75%	103%	96%
Dia 9	100%	99%	99%
Dia 10	88%	52%	95%
Média	88%	82%	97%

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Produção atual}}{\text{Produção planeada}}$$

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de produção real}}{\text{Tempo de produção planeado}}$$

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Produção atual} - \text{Produção defeituosa}}{\text{Produção atual}}$$

De seguida o valor do indicador OEE foi calculado:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Eficiência} \times \text{Qualidade}$$

$$\text{OEE} = 88\% \times 82\% \times 97\%$$

$$\text{OEE} = 70\%$$

Estes registos foram efetuados para a linha 6, 7 e 8. Os resultados obtidos podem ser visualizados nos gráficos representados (figura 38, 39 e 40).



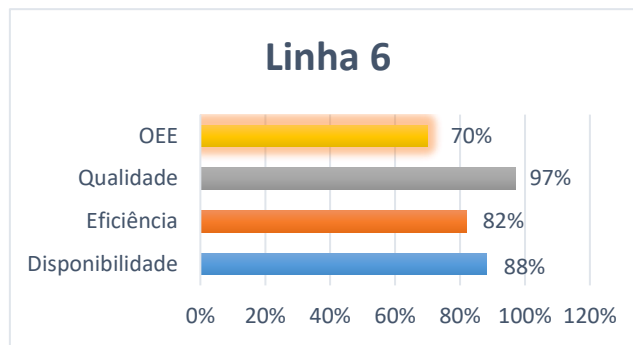


Figura 38– Valor do OEE e dos respetivos fatores para a linha 6

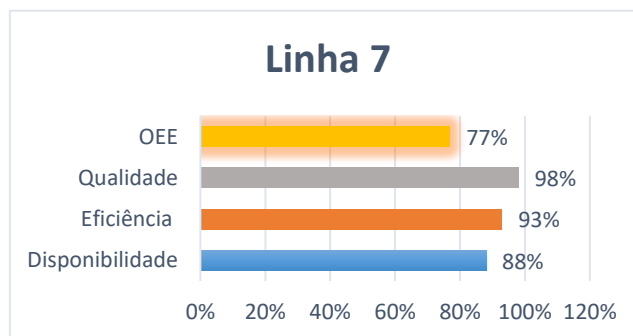


Figura 39 – Valor do OEE e dos respetivos fatores para a linha 7

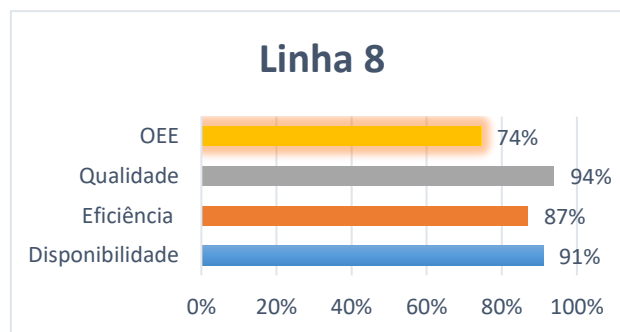


Figura 40 – Valor do OEE e dos respetivos fatores para a linha 8

A partir da análise dos gráficos 38, 39 e 40, foi possível concluir que os valores registados de *OEE* estão abaixo do valor ideal sugerido na revisão de literatura ( $OEE \geq 85\%$ ). Os resultados apontaram para a existência de alguns desperdícios ao longo do processo de produção. Os valores da Eficiência podem ser explicados pelo não cumprimento da velocidade de produção presente na ficha técnica. Apesar da eficiência ter apresentado percentagens baixas, por vezes estas ultrapassam os 100% e acaba-se por produzir mais do que a produção planeada. Isto explica-se pelo facto de os operadores aumentarem a velocidade de produção, fazendo com que os valores não estejam em conformidade com a ficha técnica.

A disponibilidade apresentou percentagens inferiores a 100%, porque, por vezes, durante o turno diurno, foram realizadas as preparações das linhas de produção (*Set ups*) e ocorreram avarias nos equipamentos. Quando a disponibilidade apresentou valores de 100% foi porque a preparação da linha de produção já tinha sido realizada noutro turno e não existiu a ocorrência de avarias.

Relativamente à qualidade, apesar de ter apresentado percentagens superiores a 90%, concluiu-se que este parâmetro contribuiu para um valor baixo de OEE devido às quantidades de desperdício resultantes do processo de extrusão. As maiores quantidades de desperdício resultam aquando da preparação da linha de produção visto que é complexa e com muitas atividades a realizar, como por exemplo a preparação e verificação de todos os equipamentos que por vezes não é realizada da melhor forma. Quando os equipamentos não estão afinados no início da produção, dão origem a um grande desperdício de material, que poderia ser solucionado com a implementação de manutenção autónoma, na preparação da linha de produção. Como resultado, a autonomia do operador seria essencial para realizar a manutenção necessária. Sendo este pilar considerado o mais importante da manutenção produtiva total, é necessário proporcionar aos operadores: formação, instruções de trabalho (anexo A) e o preenchimento de *Checklists* (Anexo B). Com a implementação de manutenção autónoma, os funcionários desempenhariam melhor as suas funções e como resultado as taxas de desperdício e os tempos de *set up* diminuiriam, contribuindo para um valor mais elevado de OEE.

#### **4.1.3. Aferição de custos**

A boa gestão e análise dos custos de manutenção permite que as organizações consigam obter lucro possibilitando a sua vantagem competitiva no mercado. Os custos de manutenção da empresa Heliflex, no ano de 2018, foram calculados.

Como consta no anexo C, o custo total de manutenção durante o ano de 2018, teve o valor de 150 mil euros, que representou 2% do custo total da empresa, o que não foi muito significativo. No custo total de manutenção, está incluído o custo de manutenção e reparação de infraestruturas, o custo de reparação de todos os equipamentos e o custo em lubrificações e limpezas das máquinas do setor das misturas.

Em infraestruturas, nomeadamente na manutenção das caldeiras, em melhorias gerais da fábrica, nos esgotos, no escoamento de águas residuais, na substituição de telhas e de outros componentes das infraestruturas, na melhoria de arruamentos e acessos, na manutenção do jardim e do parque envolvente, na melhoria das infraestruturas de eletricidade e telecomunicações, foram

despendidos 109 mil euros (representou 73% do custo total de manutenção). A reparação dos equipamentos de produção teve um custo de 36 mil euros (representou 24% do custo total de manutenção). Para o cálculo deste indicador foram considerados os materiais utilizados na reparação, o custo de mão-de-obra, tendo em consideração, o tempo gasto na reparação e o custo de produção parada caso se tenha verificado. Nas lubrificações e limpezas do setor das misturas foram despendidos 5 mil euros (representou 3% do custo total de manutenção), especificamente em massas consistentes, outros lubrificantes e custo de mão-de-obra.

À posteriori, foram calculados os custos de reparação para os equipamentos com mais avarias (Anexo C). No ano de 2018 o alimentador (ALI L6) teve um custo máximo de reparação de 118,71 euros, no mês de Julho, que representou 1% do custo mensal de manutenção, o que não é significativo. A máquina de cintar STB70 1 apresentou uma média de custos de reparação de 48,60 euros, tendo sido o valor máximo (556 euros), registado no mês de março, o que representou 4% do custo mensal de manutenção. O custo máximo de reparação da máquina de embalar ME6SE foi de 161,97 euros, no mês de fevereiro, o que representou 1% do custo mensal de manutenção.

Após, foram calculados os custos de reparação para a misturadora 2 e granuladora 2 que apesar de terem um número mínimo de avarias, quando estas ocorrem apresentam elevados tempos de reparação (Anexo C). O custo máximo de reparação da misturadora 2 registado foi cerca de 2646,70 euros no mês de novembro que ao contrário dos outros equipamentos analisados representou uma percentagem de 21 % do custo mensal de manutenção. A granuladora 2 possuiu apenas uma avaria, no mês de julho, com o custo de reparação de 7733,90 euros, que representou 62% do custo mensal de manutenção durante esse mês. Tendo em conta estes valores, estes equipamentos (misturadora 2 e granuladora 2) poderão ser considerados com criticidade elevada.

Partindo desta análise, definiu-se um critério de custo para a aferição da criticidade dos equipamentos: os equipamentos com um custo de reparação superior a 2500 euros (20% do custo mensal) poderão apresentar uma criticidade A; os equipamentos com um custo de reparação entre 600 euros (5% do custo mensal) e 2500 euros (20% do custo mensal) poderão apresentar uma criticidade B; os equipamentos com um custo inferior a 600 euros (5% do custo mensal) poderão apresentar uma criticidade C. É importante salientar que a definição da criticidade dos equipamentos não depende só do custo de reparação, mas também de outros critérios definidos na secção 2.5.2..

## 4.2. Aplicação do diagrama causa efeito

De forma a perceber a origem do problema das avarias e falhas dos equipamentos, foram realizados cinco diagramas causa efeito, para os equipamentos que apresentaram uma maior percentagem de avarias e um maior tempo de reparação: o alimentador ALI L6, a máquina de cintar portátil STB70 1, máquina de embalar ME6SE, a misturadora 2 e a granuladora 2. Para a realização do diagrama foi fundamental identificar as causas e as razões que levaram à ocorrência de avarias/falhas, tendo sido realizada uma sessão de brainstorming com um dos técnicos de manutenção. Os resultados obtidos podem ser visualizados nas figuras 41, 42 e 43, 44 e 45.

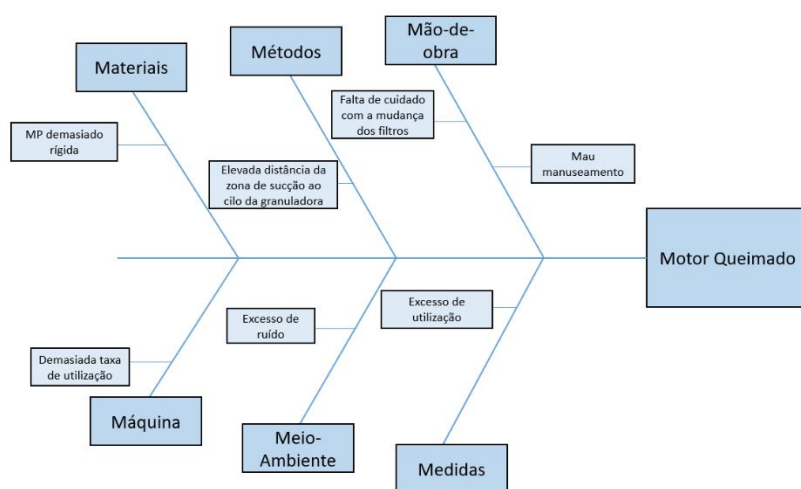


Figura 41 - Diagrama causa-efeito para a avaria do alimentador ALI L6

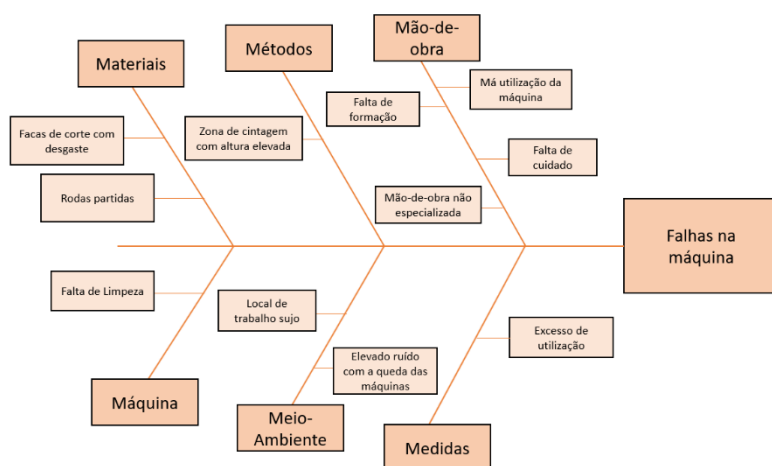


Figura 42 – Diagrama causa-efeito para as falhas da máquina de cintar portátil STB70 1



Figura 43 – Diagrama causa-efeito para a avaria da máquina de embalar ME6SE

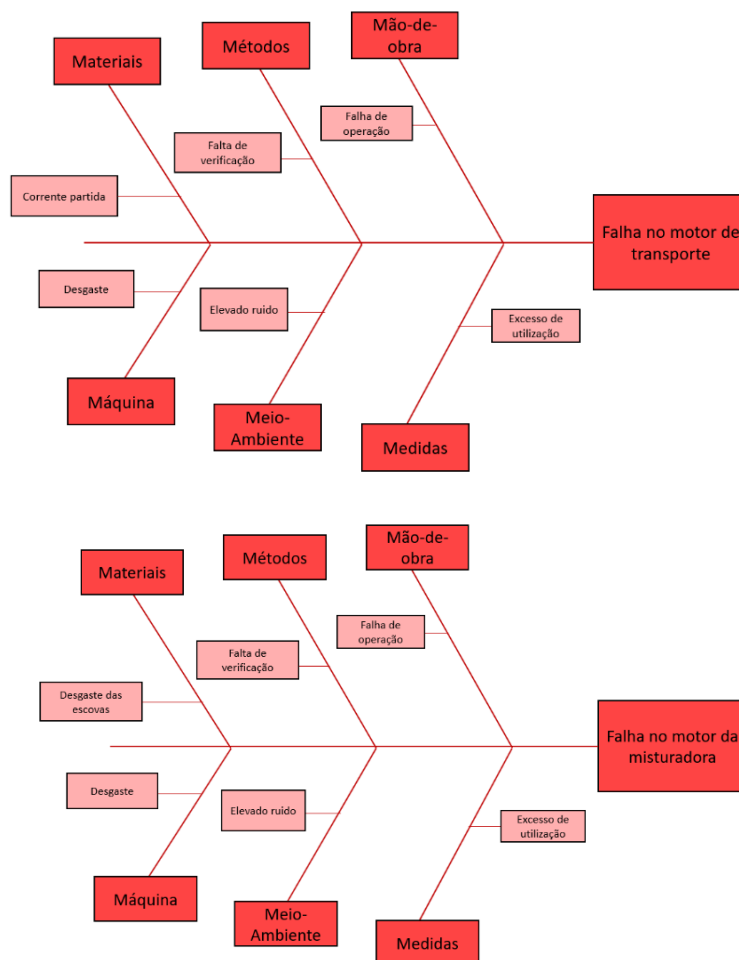


Figura 44 – Diagramas causa-efeito para a misturadora 2

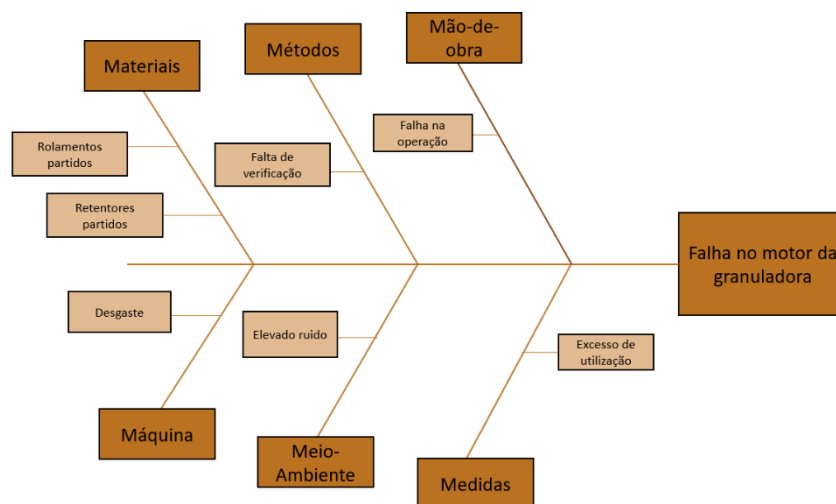


Figura 45 – Diagrama causa-efeito para a granuladora 2

As avarias existentes no alimentador tiveram origem no motor, que devido ao seu elevado esforço acaba por queimar. A principal causa desta avaria está na elevada distância entre a zona de sucção e o silo da granuladora, fazendo com que o motor tenha a sua máxima utilização (figura 46). A falta de cuidado com as mudanças dos filtros e o mau manuseamento por parte dos operadores também contribui para a existência deste tipo de avaria.

A máquina de cintar portátil STB70 1 apresentou uma grande percentagem de falhas principalmente devido à falta de cuidado e má utilização por parte dos operadores. Por vezes o diâmetro do tubo quando está enrolado é muito elevado e quando se encontra no enrolador alguns operadores têm dificuldade em chegar à parte de cima do tubo fazendo a cintagem na parte lateral. Quando a máquina fica fixa no enrolador (sem o operador), acaba por cair com alguma frequência (figura 47).

A máquina de embalar ME6SE teve maioritariamente falhas nos sensores. Uma das causas deste tipo de avaria é a falta de atenção e má utilização da máquina por parte dos operadores (figura 48). É importante referir que este equipamento também apresentou várias avarias nos fusíveis e no botão *switch*, que como consequência tiveram de ser substituídos.

Todas estas falhas e avarias têm uma causa em comum: a má utilização do equipamento por parte dos operadores. É fundamental que estes recebam formação que lhes permita um maior conhecimento para o manuseamento destes equipamentos, evitando assim, o crescente número de avarias.

A misturadora 2, na maior parte das vezes, teve falhas no motor de transporte (motor que executa o transporte do material da misturadora para a granuladora) e no seu próprio motor. As

falhas no motor de transporte deveram-se principalmente ao seu desgaste levando por exemplo à deterioração das correntes que acabaram por partir. As falhas no motor da granuladora, tal como no motor de transporte, também se deveram ao seu desgaste levando ao desgaste dos seus componentes como por exemplo as escovas.

A granuladora 2, tal como a misturadora, também teve uma falha no seu motor que deu origem à quebra dos rolamentos e dos retentores. Os motores presentes nas misturas têm um tempo de funcionamento muito elevado levando a um desgaste rápido.

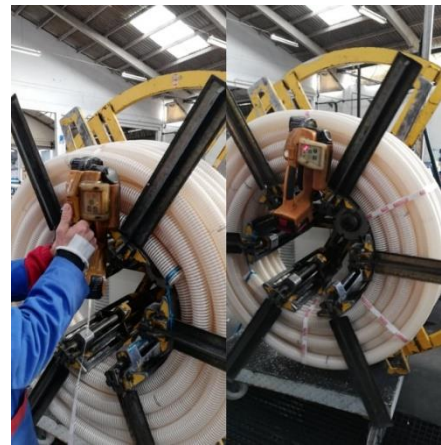


Figura 46- Distância do alimentador ao silo da granuladora    Figura 47- Manuseamento da máquina STB70



Figura 48 - Má colocação do rolo na máquina de embalar

### 4.3. Aplicação da classificação ABC

A classificação ABC é um método que auxilia na definição de criticidade dos equipamentos. Este método foi aplicado aos equipamentos com mais falhas e horas de reparação, de modo a perceber o seu nível de criticidade e a sua importância em todo o sistema de operação.

O alimentador ALI L6, a máquina de cintar portátil STB70 1, a máquina de embalar ME6SE, a misturadora 2 e a granuladora 2 foram avaliados com a colaboração dos engenheiros e técnicos de manutenção, consoante os critérios presentes na tabela 4. Depois da definição dos critérios foi utilizado o fluxograma (figura 5) de forma a determinar o grau de criticidade (A, B ou C), dos equipamentos.

#### Avaliação do nível de criticidade do alimentador ALI L6

O facto de o alimentador apresentar uma avaria no motor, não afeta a segurança e o meio ambiente. Os riscos de saúde e ambientais são insignificantes.

Quando o motor do alimentador deixa de funcionar, não afeta a qualidade do produto não tendo um impacto significativo na produção. Isto deve-se à existência de alimentadores que permitem a sua permutação, ou seja, quando este equipamento avaria, troca-se por outro que desempenhará a mesma função. Este processo realiza-se em tempo suficiente para que não falte matéria-prima no silo da granuladora, não afetando o processo produtivo. Este alimentador registou mais do que uma falha a cada dois meses apresentando uma média de valor de MTTR de 1. O seu custo máximo de reparação foi 118,71 euros no mês de Julho, menor que 600 euros (criticidade C).

**S(C)->Q(C)->I(C)->FF(A)->TT(B)->C(C)**



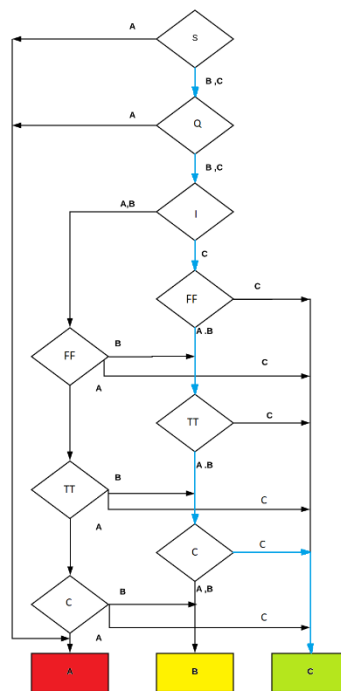


Figura 49 - Fluxograma para a decisão do nível de criticidade do alimentador

O alimentador é um equipamento com uma criticidade C (figura 49). O tipo de manutenção mais correta para este equipamento é a realização de manutenção corretiva. A realização de planos de melhoria, nomeadamente, a diminuição da distância da zona de sucção ao silo da granuladora e o aumento da potência do motor, é, também, importante para evitar as ocorrências das falhas.

### Avaliação do nível de criticidade da máquina de cintar portátil STB70 1

As falhas na máquina de cintar portátil STB70 1, não exibem riscos de saúde e ambientais, não apresentando um risco elevado. A qualidade do produto não é afetada, uma vez que a função desta máquina é somente realizar a cintagem do produto final. É importante referir, novamente, que esta máquina possui *backup*. Existem cerca de 6 máquinas de cintar que se substituem mutuamente. A máquina apresentou mais do que uma falha a cada 2 meses e o valor de MTTR possui uma média de 1,4 ao longo de todo o ano de 2018. O preço mais alto de reparação deste equipamento foi de 556 euros no mês de março, menor que 600 euros (criticidade C).

S(C)->Q(C)->I(C)->FF(A)->TT(B)->C(C)



**S(C)->Q(C)->I(C)->FF(A)->TT(B)->C(C)**

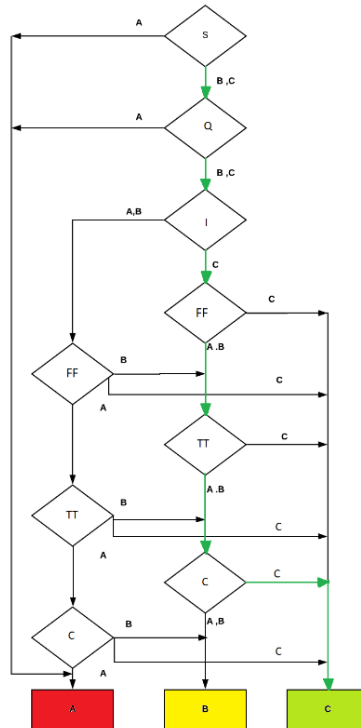


Figura 51- Fluxograma para a decisão do nível de criticidade da máquina de embalar

Tal como seria de esperar esta máquina tem um nível de criticidade C (figura 51), sendo suficiente a realização de manutenção corretiva, identificando planos de melhoria de forma a diminuir as falhas e dando formação aos operadores e instruções de trabalho (Anexo E) para um melhor manuseamento do equipamento.

### Avaliação do nível de criticidade da Misturadora 2

A misturadora 2 quando avaria pode causar lesões leves na segurança e no meio ambiente. A qualidade do produto é afetada, uma vez que o equipamento perde a capacidade de misturar as matérias virgens e consequentemente a matéria prima não é produzida. Como as linhas ficam sem matéria prima para produzir, há um impacto significativo na produção do produto final, atrasando as encomendas e levando a reclamações externas. Este equipamento não possui um backup, o que pode comprometer toda a produção. O custo de reparação foi mais elevado quando comparado com os outros equipamentos, tendo um custo máximo de 2646,70 euros.

**S(B)->Q(A)**

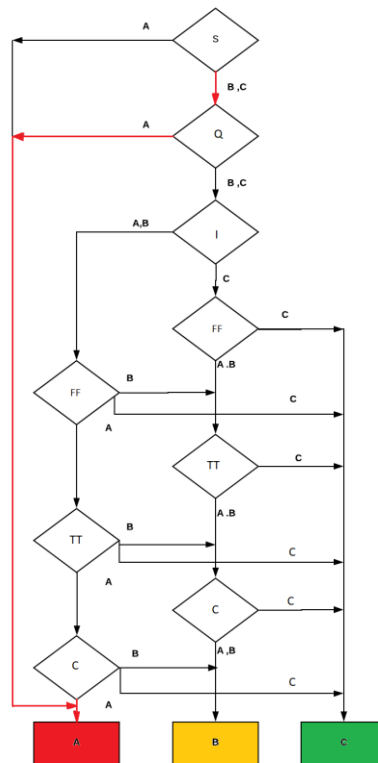


Figura 52- Fluxograma para a decisão do nível de criticidade da máquina da misturadora 2

Ao contrário dos outros equipamentos analisados, a misturadora 2 apresenta uma criticidade A (figura 52), pressupondo a elaboração de manutenção preventiva e preditiva, e análise das suas falhas.

### Avaliação do nível de criticidade da Granuladora 2

A avaria na granuladora 2 pode causar lesões muito leves na segurança e no meio ambiente. Este equipamento tem como função transformar o material proveniente da misturadora em granulado. A avaria deste equipamento tem como consequência a falta de matéria prima para a confeção do produto final o que pode levar a um atraso na entrega das encomendas e por conseguinte a reclamações por parte dos clientes. Tal como a misturadora 2, este equipamento também não possui um backup e apresentou no ano de 2018 um custo de reparação de 7733,69 €. Apesar da granuladora 2 só ter apresentado uma avaria no ano analisado, o seu custo de reparação foi muito mais elevado quando comparado com o alimentador, com a máquina de cintar e com a máquina de embalar.

**S(B)->Q(A)**

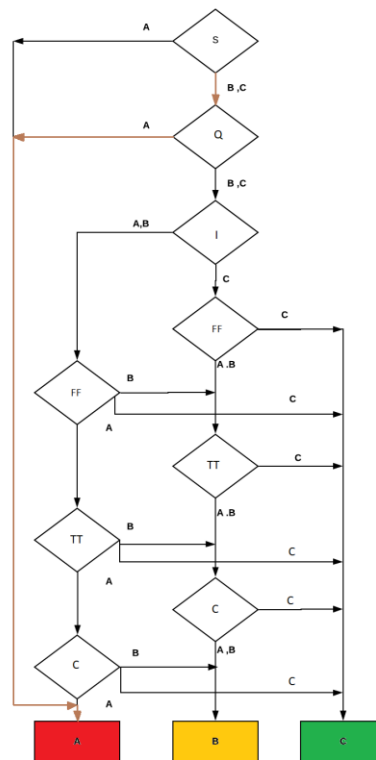


Figura 53-Fluxograma para a decisão do nível de criticidade da granuladora 2

Tal como a misturadora 2 este equipamento possui uma criticidade A (figura 53), pressupondo a elaboração de manutenção preventiva e preditiva, e análise das suas falhas.

#### 4.4. Aplicação da FMEA

A FMEA (análise dos modos de falha e efeitos) foi realizada com o intuito de avaliar o risco das falhas existentes nos equipamentos, com um nível de criticidade A: a misturadora 2 e a granuladora 2. Este método é utilizado para prevenir falhas e neste caso avaliar os riscos destes equipamentos. Foi utilizada a FMEA no processo onde os equipamentos são o foco desta análise, sendo avaliada a sua função operacional dentro do sistema global.

Nos tópicos anteriores foram aplicados os diagramas causa efeito e a classificação ABC. Os diagramas causa efeito tornaram-se fundamentais para a identificação dos modos de falha, os seus efeitos e principalmente as suas causas.

## Implementação da FMEA

Seguem-se as tabelas 8 e 9, com registos para os equipamentos considerados críticos, com as quatro primeiras etapas da implementação da FMEA: identificação dos modos de falha conhecidos, identificação dos efeitos de cada modo de falha, identificação de todas as causas possíveis para os modos de falha e por fim a identificação do meio de deteção da ocorrência do modo de falha.

Tabela 8 – Análise das falhas na Misturadora 2



Equipamento	Identificação dos modos de falha	Efeito potencial da falha	Identificação possível das causas dos modos de falha	Meio de deteção existente
<b>Misturadora 2</b> 	Avaria no motor de transporte da misturadora	Produção parada e impacto na qualidade do produto	Corrente partida devido ao seu desgaste	Verificações anuais à misturadora
			Falta de Lubrificação e afinação	Lubrificações bimensais
	Falha no motor da misturadora	Produção parada e impacto na qualidade do produto	Desgaste nas escovas	Verificações anuais à misturadora

Tabela 9 – Análise das falhas na Granuladora 2

Equipamento	Identificação dos modos de falha	Efeito potencial da falha	Identificação possível das causas dos modos de falha	Meio de deteção existente
<b>Granuladora 2</b> 	Falha no motor da granuladora	Produção parada e impacto na qualidade do produto	Desgaste e elevada taxa de utilização do motor	Verificações anuais da granuladora

Após a análise de todas as falhas, foram identificados os índices de risco (tabela 10 e 11). Tal como já foi referido na secção 2.5.3., o potencial de risco de cada modo de falha é avaliado baseando-se na multiplicação de três índices: Severidade (grau de gravidade do efeito da falha), Ocorrência (ocorrência com que as falhas ocorrem) e Deteção (grau de dificuldade em detetar a

possível falha). Quanto maior for o valor de NPR (número potencial de risco) maior será o potencial de risco do equipamento, cujo valor máximo possível é cerca de 1000.

Tabela 10 – Avaliação e análise da criticidade da misturadora 2



Equipamento	Identificação dos modos de falha	Efeito potencial da falha	S	Identificação possível das causas dos modos de falha	O	Meio de detecção	D	NPR
Misturadora 2 	Avaria no motor de transporte da misturadora	Produção parada e impacto na qualidade do produto	8	Corrente partida devido ao seu desgaste	3	Verificações anuais à misturadora	4	96
			8	Falta de Lubrificação e afinação	3	Lubrificações bimensais	4	96
	Falha no motor da misturadora	Produção parada e impacto na qualidade do produto	8	Desgaste das escovas	3	Verificações anuais à misturadora	4	96

Tabela 11 – Avaliação e análise da criticidade da granuladora 2

Equipamento	Identificação dos modos de falha	Efeito potencial da falha	S	Identificação possível das causas dos modos de falha	O	Meio de detecção	D	NPR
Granuladora 2 	Falha no motor da granuladora	Produção parada e impacto na qualidade do produto	8	Desgaste e elevada taxa de utilização do motor	3	Verificações anuais à granuladora	4	96

## Planos de melhoria

Apresentam-se de seguida, as tabelas com Planos de Melhoria, para os equipamentos identificados com criticidade A (tabela 12 e 13).

Tabela 12 – Planos de melhoria para a misturadora 2



Equipamento	Identificação dos modos de falha	Efeito potencial da falha	S	Identificação possível das causas dos modos de falha	O	Meio de deteção	D	NPR	Planos de melhoria recomendados
Misturadora 2 	Avaria no motor de transporte da misturadora	Produção parada e impacto na qualidade do produto	8	Corrente partida devido ao seu desgaste	3	Verificações anuais à misturadora	4	96	Verificações semestrais aos componentes da misturadora
			8	Falta de lubrificação e afinação	3	Lubrificações bimensais	4	96	Lubrificações mensais
	Falha no motor da misturadora	Produção parada e impacto na qualidade do produto	8	Desgaste nas escoas	3	Verificações anuais à misturadora	4	96	Verificações semestrais à misturadora

Tabela 13 – Planos de melhoria para a granuladora 2

Equipamento	Identificação dos modos de falha	Efeito potencial da falha	S	Identificação possível das causas dos modos de falha	O	Meio de deteção	D	NPR	Planos de melhoria recomendados
Granuladora 2 	Falha no motor da granuladora	Produção parada e impacto na qualidade do produto	8	Desgaste e elevada taxa de utilização do motor	3	Verificações anuais à granuladora	4	96	Verificações semestrais aos componentes da granuladora



Tal como já foi mencionado na secção 4.1., o setor das misturas é caracterizado por ser o “coração da empresa” daí a sua extrema importância. Se eventualmente avariar um equipamento deste setor, todo o resto da produção fica comprometida com falta de matéria-prima para a concretização do produto final, como tal todos os equipamentos neste setor têm uma elevada criticidade.

Os valores de NPR não são muito elevados porque apesar de os efeitos das falhas apresentarem um índice de severidade elevado (o sistema torna-se inoperante e poderá provocar um alto grau de insatisfação no cliente), os modos de falha têm uma ocorrência muito baixa e são relativamente fáceis de detetar.

Por este setor ser tão sensível já são realizadas lubrificações bimensais a todos os equipamentos, a sua limpeza e verificações anuais. Apesar da misturadora 2 e da Granuladora 2 terem apresentado um número mínimo de avarias, considera-se fundamental mudar os planos de manutenção para lubrificações mensais e a realização de verificações semestrais que se devem também estender a todas as misturadoras e granuladoras presentes no setor das misturas, de modo a evitar a ocorrência de avarias e paragem total da produção. Recomenda-se a realização de uma manutenção preventiva, com verificações semestrais através da análise de vibrações, ruídos, temperaturas, óleos, lubrificantes, entre outros (Anexo F). A todos os outros equipamentos presentes nas misturas, para além da sua limpeza, aconselha-se a continuação de verificações anuais.

#### **4.5. Aplicação do software de gestão de manutenção proposto**

Tendo como objetivo a introdução de planos de manutenção preventiva no software Manwinwin, a empresa propôs a utilização do mesmo. Este software permite gerir e organizar a manutenção dos equipamentos de forma a reduzir custos e a aumentar a eficiência dos equipamentos. Foram utilizadas as seguintes funcionalidades:

1. Parametrização da organização funcional – é importante ajustar o software à fábrica, de modo a ter uma organização funcional e consistente, agrupando os equipamentos que contribuem para determinada função (figura 54), criando os centros de custos e a adição dos tipos de objetos/equipamentos existentes. É possível definir o tipo de objetos, especificando os respetivos órgãos e as suas características (figura 55).
2. Registo de funcionamento dos objetos/equipamentos - é realizada a adição dos objetos/equipamentos ao software. O equipamento deve-se associar ao tipo de objeto, ao sistema organizacional e ao centro de custo. É possível descrever as características do equipamento (marca,

modelo, nº de serie, ano, etc.), o registo dos dados operacionais, a adição de informações complementares (como por exemplo a criticidade do equipamento) e o registo de observações adicionais (figura 56).

3. Registo dos artigos de manutenção – procede-se à identificação dos materiais que estão presentes no armazém de manutenção e que são utilizados na reparação das avarias dos equipamentos (codificação e registo). É, também, possível associar os artigos aos objetos onde são aplicados (figura 57).

4. Criação de planos de manutenção para os equipamentos –Seleciona-se o objeto pretendido e cria-se o respetivo plano de manutenção, com a periodicidade definida, as tarefas a realizar, o registo de mão-de-obra e a identificação e quantidade dos artigos aplicados. Se o trabalho for subcontratado, na opção outros, é possível fazer o registo do fornecedor (figura 58).

5. Criação de ordens de trabalho preventivas sistemáticas e não sistemáticas – São criadas ordens de trabalho preventivas sistemáticas que podem ser definidas com base num calendário ou de acordo com o registo de funcionamento definido (figura 59). É utilizado um sistema sob a forma de semáforo que é atualizado de acordo com a data programada. Para as ordens de trabalho não sistemáticas cria-se uma ordem onde se insere a descrição e seleciona-se o objeto/equipamento onde será realizado o trabalho. Após, seleciona-se o tipo de trabalho, que neste caso, não é planeado. No separador gestão, insere-se a data do trabalho e segue-se para o separador diagnostico onde se inserem as informações da avaria (órgão que sofreu a avaria, sintoma e causa). Também é possível realizar preparações para a ordem de trabalho. Com o histórico das ordens de trabalho (separador diagnostico), podem ser consultados os modos de falha com as respetivas ações corretivas (figura 60).

A empresa apenas disponibilizou uma versão demo do software, por conseguinte não foi possível utilizar todas as suas funcionalidades. Num total de 250 equipamentos só era possível proceder ao registo de 50. Como já foi referido, o setor das misturas é o “coração da empresa”, uma falha num dos seus equipamentos, compromete toda a produção e como tal já é realizada uma manutenção preventiva neste setor. Antes dos equipamentos serem adicionados ao software foi realizada a sua codificação. Este setor, ao contrário dos outros, ainda não tinha a codificação dos equipamentos (Anexo G). Os equipamentos e os respetivos planos de manutenção foram adicionados ao software e foram criadas ordens de trabalho preventivas sistemáticas para os respetivos planos de manutenção, assim como, ordens de trabalho não sistemáticas para os trabalhos não planeados neste setor.

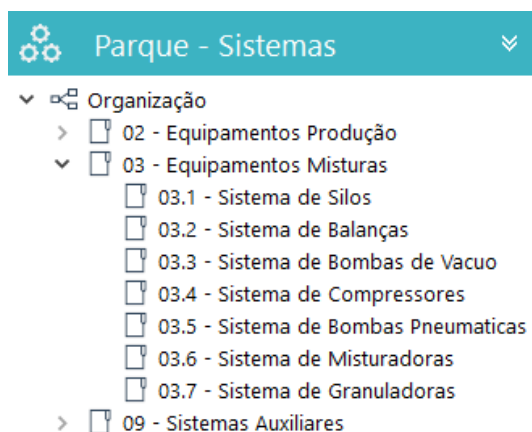


Figura 54 - Parametrização da organização funcional

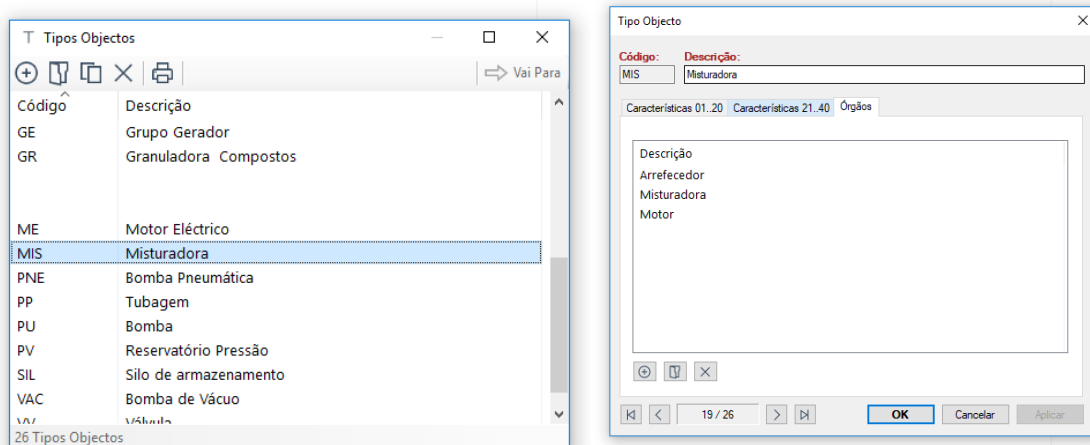


Figura 55 - Definição do tipo de objetos / Equipamentos

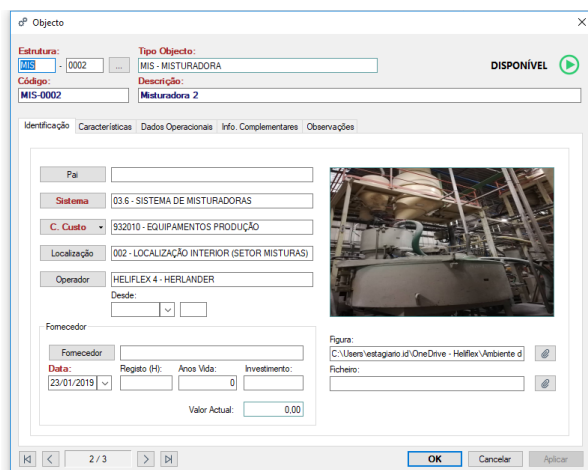


Figura 56 - Registo dos objetos/equipamento

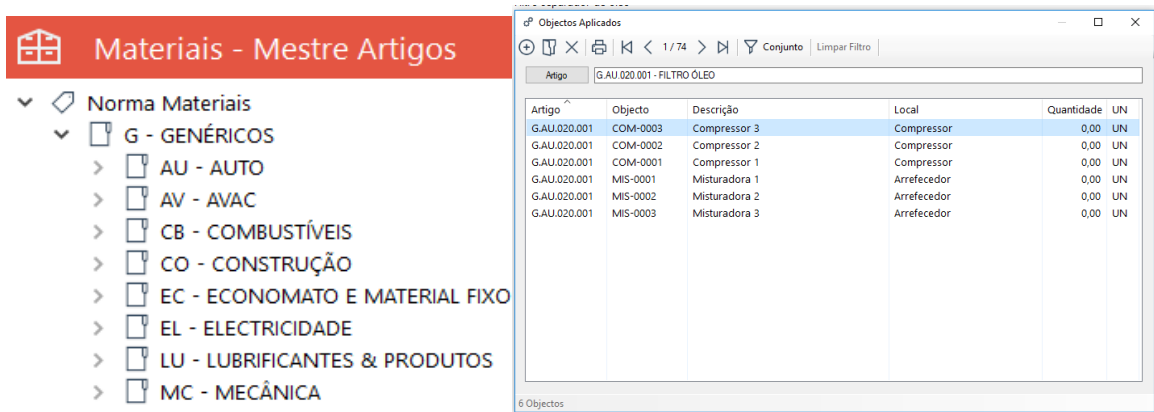


Figura 57- Registo dos artigos de manutenção

**Ficha Manutenção Planeada**

Objecto: MIS-0002 - MISTURADORA 2

Periodicidade: Calendário: 6 Meses Registos (H):

Tipo Trab.: A1 - SISTEMÁTICO

Código: A1-01 Descrição: Rotina Semestral Prev. TDM (H): 2.00

Próxima FMP: Próxima FMP: A1-01

Tarefas: Preparações Mão de Obra Artigos Outros Leituras Ferramentas Documentos

Manutenção mecânica  
 Verificação das correias  
 Verificação dos ventiladores  
 Verificação do ar comprimido

Manutenção elétrica  
 Verificação das sondas

Verificação do arrefecedor:  
 Verificação dos ventiladores  
 Verificação ou substituição do filtro de óleo  
 Verificação dos filtros  
 Verificação das correias  
 Lubrificação  
 Limpeza

Verificação do motor que ajuda no transporte para a granuladora

OK Cancelar Aplicar

Figura 58- Criação dos planos de manutenção para os equipamentos

**Ordem Trabalho**

OT N.º: 000014 Descrição: Rotina Semestral Programada

Origem: Gestão Pedidos Diagnóstico Tarefas Preparações Mão de Obra Artigos Outros Custos Leituras Ferramentas Documentos

Objecto: MIS-0002 - MISTURADORA 2 Grau Urgência: Normal

Sistema: 03.6 - SISTEMA DE MISTURADORAS

C. Custo: 932010 - EQUIPAMENTOS PRODUÇÃO

Projecto:

FMP: A1-01 - ROTINA SEMESTRAL

Tipo Trab.: A1 - SISTEMÁTICO

Interventor: ☒ Interno ☐ Externo

Função: MAN.05 - ELECTROMECÂNICO

Responsável:

Prev. TDM (H): 2.00 ☐ Bloquear temporariamente OT

Cód. Utiliz. N.º 01:

Cód. Utiliz. N.º 02:

Periodicidade: ☐ Data Fixa ☐ Registo Fixo

Calendário: 6 Meses Registos: (H)

FMP: Próxima FMP: A1-01

Lista Ordens Trabalho

OT	Descrição	Entidade	Interventor	Estado	Programada
000013	Rotina semestral	MIS-0001 - Misturadora 1...	MAN.05 - Electromecânico	Programada	15/08/2019
000014	Rotina Semestral	MIS-0002 - Misturadora 2...	MAN.05 - Electromecânico	Programada	15/08/2019
000015	Rotina Semestral	MIS-0003 - Misturadora 3...	MAN.05 - Electromecânico	Programada	15/08/2019
000016	Rotina Semestral	GRA-0001 - Granuladora ...	MAN.05 - Electromecânico	Programada	16/08/2019
000017	Rotina Semestral	GRA-0002 - Granuladora ...	MAN.05 - Electromecânico	Programada	19/08/2019
000018	Rotina Semestral	GRA-0003 - Granuladora ...	MAN.05 - Electromecânico	Programada	20/08/2019
000019	Rotina Semestral	GRA-0004 - Granuladora ...	MAN.05 - Electromecânico	Programada	20/08/2019

Figura 59-Criação de uma ordem de trabalho preventiva sistemática

**Ordem Trabalho**

OT N.º: 000064 Descrição: Reparo da misturadora 2 Programada

Origem: Gestão Pedidos Diagnóstico Tarefas Preparações Mão de Obra Artigos Outros Custos Leituras Ferramentas Documentos

Objecto: MIS-0002 - MISTURADORA 2 Grau Urgência: Normal

Sistema: 03.6 - SISTEMA DE MISTURADORAS

C. Custo: 932010 - EQUIPAMENTOS PRODUÇÃO

Projecto:

FMP:

Tipo Trab.: C1 - REPARAÇÃO AVARIA

Interventor: ☒ Interno ☐ Externo

Função: MAN.05 - ELECTROMECÂNICO

Responsável:

Prev. TDM (H): 10.00 ☐ Bloquear temporariamente OT

Cód. Utiliz. N.º 01:

Cód. Utiliz. N.º 02:

Periodicidade: ☐ Data Fixa ☐ Registo Fixo

Calendário: Registos: (H)

FMP: Próxima FMP:

Entrar NR Encerrar OK Cancelar Aplicar

Figura 60 - Criação de uma ordem de trabalho não sistemática

Não foi possível explorar todas as funcionalidades do software, sendo somente concebível a elaboração dos planos de manutenção e a criação de ordens de trabalho, na medida em que existia uma grande falta de dados, principalmente no que diz respeito aos custos de manutenção e de mão-de-obra. É essencial que toda a estrutura organizacional esteja preparada e tenha

conhecimento de todas as funcionalidades do software. Caso contrário este não irá trazer benefícios para a empresa, mesmo que seja um software como o Manwinwin, com todos os recursos necessários para uma boa gestão da manutenção.

#### **4.6. Aplicação dos 5S's no Setor da manutenção Elétrica**

A empresa propôs a aplicação dos 5S's para o setor de manutenção elétrica, apresentada na subsecção 2.5.5. A aplicação desta metodologia foi fundamental, neste setor, porque a remoção de todos os materiais sem utilidade, a sua limpeza e organização permitiu um ambiente mais higiénico e um espaço muito mais estruturado. Esta metodologia que visa sobretudo a redução dos desperdícios, tornou-se bastante eficaz quando aplicada, apesar de alguma resistência inicial, por parte do chefe do setor. Esta nova abordagem veio influenciar diretamente o seu espaço e o seu método de trabalho. Tonou-se então necessário provocar uma mudança cultural de forma a incutir aos colaboradores os benefícios da melhoria continua.

##### **Diagnóstico da situação atual**

O setor de manutenção elétrico é constituído por diversos materiais utilizados no apoio à manutenção, juntamente com a zona de reparação (onde o técnico realiza a reparação dos equipamentos) e uma secretária com um computador disponível para o técnico de manutenção elétrica.

Numa fase inicial houve a necessidade de identificar os problemas existentes, entre os quais se destacam:

- Local desorganizado, com materiais mal identificados e peças misturadas;
- Inexistência de etiquetagem e codificação das peças;
- Estantes não identificadas, dificultando a localização dos artigos;
- Local de armazém e trabalho bastante sujo: má gestão visual;
- Existência de muitas peças em stock degradadas e materiais obsoletos;
- Má disposição da zona de reparação dos equipamentos;
- Materiais fora do sítio, espalhados pelo setor.

##### **4.6.2. Aplicação dos 5S's**

## 1. Classificar

No início da implementação dos 5S's foram utilizados autocolantes com três cores (figura 61), vermelho, amarelo e verde. Os autocolantes vermelhos foram colocados nos objetos que para o auditor fossem considerados não uteis ou que estivessem desarrumados. O técnico de manutenção elétrica foi informado que daí a uma semana, os materiais que mantivessem os autocolantes vermelhos iriam diretamente para o contentor do lixo. Foi também instruído a substituir os autocolantes vermelhos pelos verdes caso considerasse os materiais uteis. Se tivesse dúvidas quanto à sua utilidade, os autocolantes vermelhos seriam substituídos pelos amarelos. Se, entretanto, não passassem para verde iriam para o contentor do lixo (figura 62). Este processo demorou cerca de um mês e ajudou a identificar os materiais que já não se encontravam em condições para serem utilizados ou que estavam obsoletos.

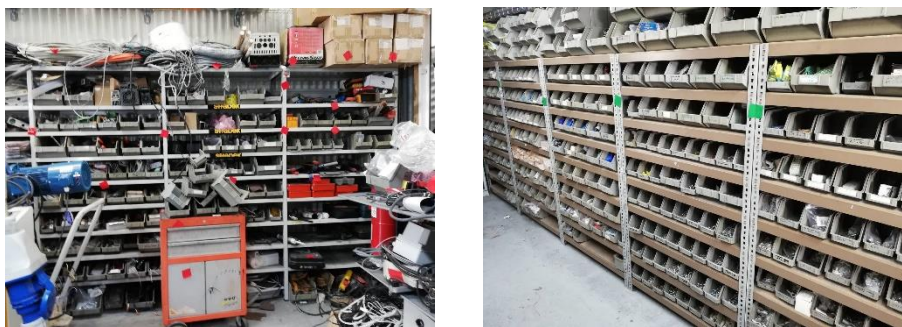


Figura 61-Utilização dos autocolantes para a classificação dos materiais consoante a sua utilidade



Figura 62- Contentor do lixo com os materiais não uteis

## 2. Organizar

Os materiais foram reorganizados criando locais para o seu armazenamento e foi executada a sua etiquetagem através de uso de etiquetas laranjas. As prateleiras foram identificadas e ordenadas para se proceder à localização dos materiais. Os locais de arrumação das ferramentas e a zona de expedição também foram identificados.

- **Ações 5S's**

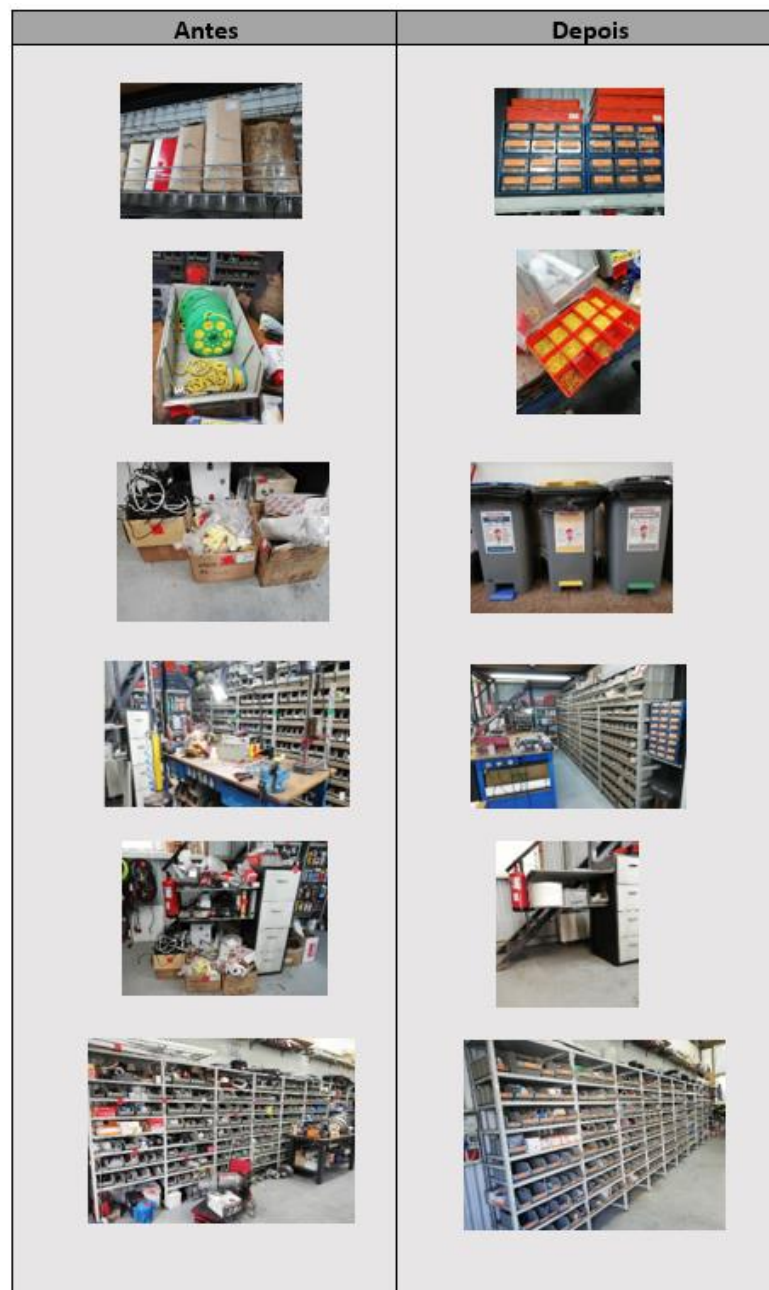


Figura 63-Ações implementadas no setor de manutenção elétrica (Parte 1)





Figura 64-Ações implementadas no setor de manutenção elétrica (Parte 2)

### **3. Limpar**

No fim da organização de todo o setor foi realizada uma limpeza geral e definiram-se dias de limpeza semanais para este setor.

### **4. Normalizar**

Foi criado um cartaz sobre a aplicação dos 5S's (Anexo H) com o objetivo de lembrar os colaboradores de que os passos, até então descritos, devem continuar a ser devidamente implementados no dia-a-dia da empresa.

### **5. Respeitar**

Tal como foi referido na secção 2.5.5. é crucial a autodisciplina dos colaboradores para que respeitem os procedimentos e regras de trabalho criados. Foi também formulado um Checklist com a realização de inspeções mensais a este setor (Anexo I) tendo como objetivo a confirmação da continuidade da implementação das ações dos 5S's.

- **Sugestões propostas**

As ações apenas foram implementadas no Setor de manutenção elétrica. Sugere-se para um trabalho futuro, a aplicação desta metodologia no Setor de manutenção mecânica de forma a estar tudo em conformidade e organizado, melhorando assim o rendimento do trabalho dos colaboradores.

## Capítulo 5 – Conclusões, Limitações e trabalho futuro

A gestão de manutenção tem como principais objetivos a redução dos custos, reduzir tempos de paragem dos equipamentos, diminuir o número de avarias, melhorar a qualidade da produção e aumentar o tempo de vida dos equipamentos. Para a realização do presente trabalho, foi fundamental a compreensão de todos os conceitos relacionados com este tema, com o auxílio de diversas referências.

O projeto desenvolvido na Heliflex teve como objetivo principal a análise dos dados de todas as avarias do ano 2018 que permitiram utilizar alguns indicadores de desempenho e outras ferramentas, tais como: o diagrama causa-efeito, a classificação ABC, a FMEA e o software de gestão de manutenção. No setor da manutenção elétrica foi utilizada aplicação dos 5S's.

A análise de todas as avarias permitiu identificar o tipo de avarias mais frequentes, os equipamentos com mais avarias e o número de horas de intervenção por equipamento. A partir deste estudo, foram calculados os indicadores de desempenho para os três equipamentos com mais avarias, o MTBF, o MTTR, o MWT e a disponibilidade. Estes indicadores permitiram identificar: o tempo médio de funcionamento sem a ocorrência de avarias; o tempo dispensado pelo técnico na reparação; a capacidade de resposta do técnico às avarias e o desempenho dos equipamentos. Dos equipamentos identificados com mais avarias, fazem parte a máquina de embalar ME6SE, o alimentador (ALI L6) e a máquina de cintar portátil STB70 1. Estes dois últimos estão presentes nas linhas 6, 7 e 8 do setor Heliflex, como tal, foi calculado o indicador OEE para estas linhas de produção. O que interfere com a eficácia total da linha de produção é a má verificação dos equipamentos, aquando da preparação da linha de produção, os tempos elevados de *setup* e a ocorrência de falhas noutros equipamentos, o que provoca o aumento de desperdícios. Com vista a solucionar esta questão, foi proposto pela estagiária, a realização de manutenção autónoma, pelo operador, com o auxílio de uma instrução de trabalho e um Checklist para a preparação da linha de produção.

À posteriori, foi realizada uma aferição de custos de manutenção de modo a perceber o seu peso na gestão de manutenção. Concluiu-se que os custos de reparação dos três equipamentos identificados com mais avarias tiveram uma representação mínima nos custos mensais de manutenção, à exceção da misturadora 2 e granuladora 2. Estes dois equipamentos, apesar de terem registado um número mínimo de avarias, quando estas ocorreram apresentaram um elevado tempo de reparação que representou elevados custos, quando comparados com o custo mensal de manutenção. É ainda importante referir que no ano 2018 os custos totais de manutenção,

representaram apenas 2% dos custos totais da organização, concluindo-se que não é este departamento, que dá mais despesas à empresa.

A utilização dos diagramas causa-efeito ajudou a perceber a origem das falhas nos equipamentos, tornando-se fundamental para a estagiária compreender os problemas das falhas.

A classificação ABC teve como finalidade definir a criticidade dos equipamentos. O alimentador, a máquina de cintar portátil e a máquina de embalar possuíram uma criticidade C. Quando estes avariavam não afetam a produção, a qualidade do produto e os custos de reparação são mínimos. Conclui-se que não se justifica a utilização de planos de manutenção, mas sim proporcionar aos operadores instruções de trabalho de forma a manusearem melhor os equipamentos, levando à diminuição do número de ocorrência de falhas. A granuladora 2 e a misturadora 2 foram considerados equipamentos com criticidade A, uma vez que, quando estes avariavam todas as linhas de produção podem ficar sem matéria-prima para a concretização do produto final. Isto pode levar a atrasos nas encomendas e como consequência reclamações dos clientes. Para os dois equipamentos identificados com criticidade A, foi realizada uma análise das suas falhas (*FMEA*) apresentando valores de NPR baixos. Apesar de, as suas falhas poderem provocar um alto grau de insatisfação no cliente, na medida em que o sistema se torna inoperante, as frequências das mesmas é baixa e existe uma boa probabilidade de detetar os modos de falha. Foram definidos planos de melhoria para estes equipamentos, com lubrificações mensais e preparações de trabalho semestrais.

A utilização do software Manwinwin, foi proposta pela empresa de forma a introduzir planos de manutenção preventiva no software. Com a análise de todas as avarias do ano 2018 e com a aplicação das ferramentas de manutenção, rapidamente se concluiu que apenas os equipamentos presentes nas misturas são considerados críticos. Como resultado, foram definidas verificações semestrais para as misturadoras e granuladoras. Para os outros equipamentos do setor das misturas foram definidas verificações anuais porque apesar de terem uma criticidade elevada o número de avarias das máquinas deste setor é mínimo ou nulo. Não foi possível utilizar todas as funcionalidades do software devido à ausência de dados. A estagiária recomenda, como trabalho futuro, um modelo de recolha de todos os dados de manutenção, a aquisição do software Manwinwin por parte da empresa e a formação adequada aos futuros utilizadores do mesmo. Só assim é possível melhorar a eficiência de todo o processo de manutenção.

No que concerne à metodologia dos 5S's, o técnico de manutenção elétrica foi instruído e sensibilizado para a melhorar do seu posto de trabalho. Foi concretizado um Checklist com o propósito da realização de auditorias mensais a este setor. Apesar de alguma rejeição inicial por

parte do técnico de manutenção, a aplicação desta metodologia trouxe diversos benefícios, principalmente na melhoria da produtividade, na eficiência do trabalho e na sensação de bem-estar do colaborador. Como trabalho futuro, recomenda-se a aplicação dos 5S's no setor de manutenção mecânica de modo a estar em conformidade com o setor de manutenção elétrica e com os restantes setores da fábrica, uniformizando todo o espaço.

A concretização deste projeto demonstrou, sobretudo, que a manutenção preventiva poderá não ser solução para todos os problemas da fábrica, na medida em que se deve considerar o contexto industrial onde está inserida. No caso da Heliflex, esta possui um grande parque de equipamentos com backup, o que possibilita a sua substituição quando avariarem e a sua permutação entre linhas de produção. Apenas os equipamentos do setor das misturas foram considerados críticos porque para além de não possuírem backup, quando estes avariarem toda a produção poderá ficar comprometida.

Em jeito de reflexão final, este projeto permitiu consolidar alguns conhecimentos teóricos e adquirir experiência prática no contexto industrial que trouxe benefícios para uma estudante e futura mestre em engenharia e gestão industrial.



## Referências Bibliográficas

- Agrahari, R S, P A Dangle, and K V Chandratre. 2015. "Implementation of 5S Methodology in the Small Scale Industry: A Case Study." *International Research Journal of Engineering and Technology(IRJET)* 4(4): 180–87. <https://irjet.net/archives/V4/i3/IRJET-V4I3411.pdf>.
- Ahmad, Rosmaini, and Shahrul Kamaruddin. 2012. "An Overview of Time-Based and Condition-Based Maintenance in Industrial Application." *Computers and Industrial Engineering* 63(1): 135–49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cie.2012.02.002>.
- Almeanazel.R, T., O., (2010). "Total Productive Maintenance Review and Overall Equipment Effectiveness Measurement." *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering* 4(Department Of Industrial Engineering, Hashemite University, Zarqa, 13115 Jordan): 517–22.
- Assis, Rui. 2014. *Apoio à Decisão Em Manutenção Na Gestão de Ativos Fisicos*. 2014th ed. Portugal: LIDEL.
- Aven, Terje. 2009. "Identification of Safety and Security Critical Systems and Activities." *Reliability Engineering and System Safety* 94(2): 404–11.
- Bazoni.F, A. A., Zeni, A., França.T. R., Torricelli, A.T., & Daolio, G.P.R.(2015). Implantação do diagrama de ishikawa em uma empresa do segmento de tintas e materiais para construção, para solucionar problemas de estocagem e recebimento, (1), 227–238
- Cabral, José Paulo Saraiva. 2009. *Gestão Da Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios*. Portugal: LIDEL.
- Cabral, José Paulo Saraiva. 2006. *Organização e Gestão da Manutenção*. Portugal: LIDEL.
- CAMPOS, V. F.. *Gerenciamento da rotina do trabalho do dia-a-dia*. Minas Gerais; INDG Tecnologia e Serviços Ltda., 1999.
- De Groote, P. 1995. "Maintenance Performance Analysis: A Practical Approach." *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 1(2): 4–24. <http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/13552519510089556>.

- Douglas, Alex. 2002. "Improving Manufacturing Performance." *Quality Congress. ASQ's Annual Quality Congress Proceedings* (May 2002): Vol. 56, p. 725–32.
- Filho, Gil Branco. 2008. *A Organização, o Planejamento e o Controle Da Manutenção*. Ciência Moderna.
- FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. Confiabilidade e manutenção industrial. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- Garcia, Fabiano Luiz, and Fabiano de Lima Nunes. 2014. "Proposta de Implantação de Manutenção Preventiva Em Um Centro de Usinagem Vertical de Metalúrgica: Um Estudo de Caso." *Statewide Agricultural Land Use Baseline 2015* 1: 1–34.
- Garcia, Thiago C. 2013. "Aplicação Dos Conceitos de RCM e Da Ferramenta FMEA No Aumento de Confiabilidade Em Equipamentos de Uma Indústria Química."
- Guzzon, Samanta de Oliveira. 2009. "Confiabilidade a Partir De Dados."
- JAPAN INSTITUTE FOR PLANT MAINTENANCE (JIPM). 600 Forms Manual. Japan, 1995.
- Jonsson, Patrik. 1997. "The Status of Maintenance Management in Swedish Manufacturing Firms." *Journal of Quality in Maintenance Engineering* 3(4): 233–58.  
<http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/13552519710176863>.
- Jonsson, Patrik, and Magnus Lesshammar. 1999. "Evaluation and Improvement of Manufacturing Performance Measurement Systems - the Role of OEE Patrik Jonsson Magnus Lesshammar Article." *International Journal of Operations & Production Management* 19(1): 55–78.  
<http://dx.doi.org/10.1108/01443579910244223>.
- Kans, Mirka. 2008. "An Approach for Determining the Requirements of Computerised Maintenance Management Systems." *Computers in Industry* 59(1): 32–40.
- Kardec, Alan, and Julio Nascif. 2009. *Manutenção: Função Estratégica*. 3ª edição. Rio de Janeiro: Qulaitymark Editora.
- Karsak, E., Sevin Sozer, and S. Alptekin. 2003. "Product Planning in Quality Function Deployment Using a Combined Analytic Network Process and Goal Programming Approach." *Computers*




- and *Industrial Engineering* 44(1): 171–90.
- Khamba, J.S., and Ahuja, I.P.S. (2008). “Total Productive Maintenance: Literature Review and Directions.” *International Journal of Quality & Reliability Management* 25: 709–56.
- Kumar, S., Goyal, D., Dang, R. k., Dhani, S.S., & Pabla, B. S. (2018). “Condition Based Maintenance of Bearings and Gears for Fault Detection-A Review.” *Materials Today: Proceedings* 5(2): 6128–37. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.12.219>.
- LAFRAIA, J. R. B. Manual de confiabilidade, manutenibilidade e disponibilidade. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2001. 388 p
- Leal, Fabiano, Alexandre Ferreira De Pinho, and Dagoberto Alves De Almeida. 2006. “Análise De Falhas Através Da Aplicação Do Fmea E Da Failure Analysis Through Fmea Application and Grey.” : 79–88.
- Martins, Gleison Hidalgo, Renata Lincy Ferreira, and Sonia Silva Ferreira Martins. 2016. “Implementação Do Programa 5S No Setor de Manutenção: Um Estudo de Caso Na Indústria de Embalagens No Brasil.” *Journal of Lean Systems* 1(2): 57–74.
- Mendes, Piraju Borowski. 2012. “A Satisfação Do Manutentor Na Área Industrial : O Caso Em Uma Indústria Frigorífica the Maintainer ’ s Satisfaction in the Industrial Area : The Case in a Slaughterhouse Industry.” *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*: 757–69.
- Michalska, J., and D. Szewieczek. 2007. “The 5S Methodology as a Tool for Improving the Organisation.” *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 24(2): 211–14. [http://www.journalamme.org/papers\\_vol24\\_2/24247.pdf](http://www.journalamme.org/papers_vol24_2/24247.pdf).
- Moss, T. R., and J. Woodhouse. 1999. “Criticality Analysis Revisited.” *Quality and Reliability Engineering International* 15(2): 117–21.
- Muchiri, Peter N., Liliane Pintelon, Harry Martin, and Anne Marie De Meyer. 2010. “Empirical Analysis of Maintenance Performance Measurement in Belgian Industries.” *International Journal of Production Research* 48(20): 5905–24.
- Nogueira, Cássio Ferreira, Leonardo Miranda Guimarães, and Margarete Diniz. 2012. “Manutenção Industrial : Implementação Da Manutenção Produtiva Total ( Tpm )

- Industrial Maintenance : I Mplementation of T Otal.” *Revista E-XACTA* 5(1): 175–97.
- Norma Portuguesa NP EN 15341:2009 – Manutenção, Indicadores de desempenho da manutenção (KPI)
- Pelegrini, F. & Lacerda, A. 2017. “PROPOSAL FOR MAINTENANCE MANAGEMENT IN A MECHANICAL METAL COMPANY.” : 1–33.
- Puente, Javier, Raúl Pino, Paolo Priore, and David de la Fuente. 2002. “A Decision Support System for Applying Failure Mode and Effects Analysis.” *International Journal of Quality and Reliability Management* 19(2): 137–50.
- Purbowo, Anita Nathania, Yulia, and Agustinus Ivan Suryadi. 2018. “Web Based Application Customer Relationship Management for Helping Sales Analysis on Bike Manufacturer.” *Proceedings - 2017 International Conference on Soft Computing, Intelligent System and Information Technology: Building Intelligence Through IOT and Big Data, ICSIIT 2017* 2018–Janua: 347–52.
- Seiichi Nakajima. 1988. *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Eleventh P. USA: Productivity Pr.
- Torbjörn Ylipää, Anders Skoogh, Jon Bokrantz, Maheshwaran Gopalakrishnan. 2017. “Identification of maintenance improvement potential using OEE assessment”, *International Journal of Productivity and Performance Management*, 66(1): 126–43.  
<https://doi.org/10.1108/IJPPM-01-2016-0028> Permanent.
- Viana, Herbert Ricardo Garcia. 2002. *PCM-Planejamento e Controle Da Manutenção*. 1ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Ltda.
- Vilarouca, Marcelo Grijó. 2008. “Implementação De Indicadores De Desempenho Na Gestão Da Manutenção: Uma Aplicação No Setor Plástico.” *Xxviii Encontro Nacional De Engenharia De Produção*.
- Wang, L., Chu, J., Mao, W. and Gharbi, A. 2009. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* Article information/ : <https://doi.org/10.1108/13552510910961110>

Xenos, Harilaus. 2014. *Gerenciando a Manutenção Produtiva*. 2ª edição. Portugal: Falconi.

## **Anexos**

Instrução de trabalho	
Preparação da linha de produção do Setor Heliflex com a inclusão de manutenção autónoma	

## 1. Objetivos

Com este documento pretende-se auxiliar o operador durante a realização da preparação da linha de produção de modo a melhorar a sua eficácia e como consequência a diminuição de desperdício.

## 2. Modo de proceder

- Antes de iniciar o trabalho verificar que os equipamentos e as ferramentas necessárias para a preparação da linha são as que estão definidas na ficha técnica.

### 2.1. Limpar e inspecionar os equipamentos

Tarefa 1: Limpeza do calibrador



Tarefa 2: Limpeza da matriz



### 2.2. Verificar e se necessário montar a cabeça de extrusão



### 2.3. Verificar e montar a matriz



### 2.4. Pré-aquecer as máquinas de extrusão



Nota: as máquinas de extrusão devem ser pré-aquecidas a 100°C em todas as zonas.

### 2.5. Verificar os outros equipamentos presentes na linha de produção

Tarefa 1: Verificar e montar a mesa de calibradores



Tarefa 2: Verificar e preparar a máquina de marcação



Tarefa 3: Verificar e preparar o enrolador ou a aranha (se o produto tiver dimensões elevadas)



Tarefa 4: Verificar se o chiller está a funcionar corretamente



Nota: Antes de efetuar o arranque do chiller fazer a limpeza dos filtros

Tarefa 5: Verificar o alimentador



Nota: O alimentador não deve estar a uma distância muito grande do Silo da granuladora

## 2.6. Aumentar as temperaturas das máquinas de extrusão



Nota: as temperaturas estão parametrizadas na ficha técnica do produto com algum intervalo de regulação.

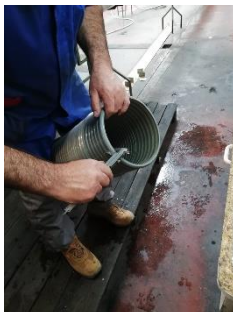
### **2.7. Abastecer as máquinas de extrusão com matéria-prima**



### **2.8. Começar a passagem de material**



### **2.9. Verificar o produto**



### **2.10. Começar a produção**

Nota: Só se dá o início da produção se o produto estiver conforme os requisitos da ficha técnica



## Anexo B – Checklist para o arranque da linha de produção no Setor Heliflex



### ARRANQUE DE LINHA DE PRODUÇÃO

#### Setor Heliflex

Linha	<input type="text"/>	Data	<input type="text"/>
Código	<input type="text"/>	Designação	<input type="text"/>
Lote	<input type="text"/>	Ordem de produção	<input type="text"/>

#### 1. Preparação da linha

OK NOK

##### 1.1 Extrusoras - conforme indicadas na ficha técnica

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

##### 1.2 Ferramentas - conforme indicadas na ficha técnica

Cabeças extrusão

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

Matrizes - Montagem e limpeza

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

Estado das ferramentas

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

Correcta montagem das ferramentas

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

Uniformizar as folgas existentes nas cabeças de extrusão

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

Pré-aquecimento das extrusoras (cerca dos 100°C)

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

##### 1.3 Mesa de calibradores

Verificar, montar e limpar a mesa de calibradores

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

Verificar vedação do calibrador no topo

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

Verificar e testar circulação de óleo no calibrador

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

Verificar e testar circulação de água no calibrador

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

##### 1.4 Máquina de marcação

Verificar se a máquina de marcação tem solvente no respetivo recipiente

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

Testar/Verificar a marcação antes de iniciar a produção

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

##### 1.5 Enrolador

Verificar se o enrolador é o adequado para o fabrico em causa

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

Verificar funcionamento do enrolador

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

Definir, no enrolador, os parâmetros para o fabrico em causa

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

Alinhar com a linha de produção

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

##### 1.7 Banhos de refrigeração

Verificar se o circuito de arrefecimento está a funcionar correctamente

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

Verificar se o chiller está a funcionar correctamente

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

##### 1.8 Máquina de cintar

Realizar uma limpeza à máquina

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

Verificar se a máquina de cintar está a funcionar corretamente

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
--------------------------	--------------------------

Nome do executante da montagem: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

#### 2. Arranque

Obrigatório abrir a ordem de produção no terminal PC antes do arranque

OK NOK  
\_\_\_\_

Aumentar temperaturas das extrusoras - conforme parametrizadas na ficha técnica.

11

11

Abastecer extrusoras com a matéria prima definida na ordem de produção, por aplicação

11

11

Passar o material plastificado pelos diversos equipamentos existentes na linha de produção

--	--

7

### 3. Afinação

Efectuar controlo dimensional do tubo

**OK**

**NOK**

11

11

Verificar espessura total do tubo

--	--

7

Espessura da espira

11

1

### Passo do tubo

1

7

Existência de poros

1

7

Existencia de imperfeições no tubo

--	--

--	--

Verificar marcação no tubo - ficha técnica + relatório de controlo

10

--	--

**Observações/Comentários**

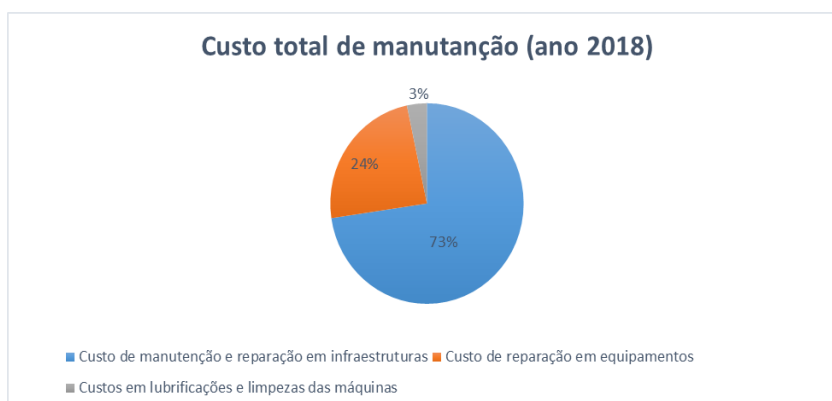
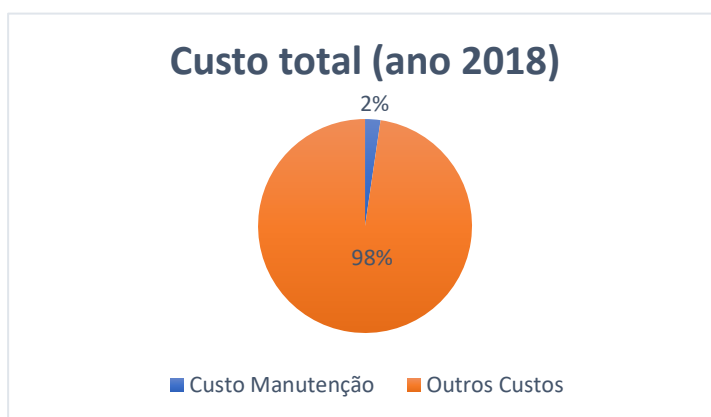
--

Nome do executante: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

## Anexo C – Análise de custos

Dados (ano 2018)	Valor
Custo Total	6 453 071,00 €
Custo Total Manutenção	150 000,00 €
Custo de manutenção e reparação de infraestruturas	109 000,00 €
Custo de reparação de equipamentos	36 000,00 €
Custo em lubrificações e limpezas das máquinas	5 000,00 €
Produção (kg)	2901355
Desperdício (kg)	251040
Valor de vendas (2018)	10 000 000,00 €
Lucro (já com tudo pago)	400 000,00 €



### Custo de reparação do alimentador ALI L6

	Material utilizado na reparação	Preço	Tempo de reparação	Custo de mão-de-obra (€/h)	Custo de reparação sem produção parada	Representação no custo mensal de manutenção
Avaria 1 (25/01/2018)	Motor aspirador 1200 Watts	50,70 €	1,5	17	76,20 €	1%
Avaria 2 (14/02/2018)	Motor aspirador 1200 Watts	50,70 €	1	17	67,70 €	1%
Avaria 3 (21/03/2018)	Motor aspirador 1200 Watts	50,70 €	1	17	67,70 €	1%
Avaria 4 (23/04/2018)	Motor aspirador 1200 Watts	50,70 €	1	17	67,70 €	1%
Avaria 5 (15/05/2018)	(Chapa de vedação entupida)		0,5	17	8,50 €	0%
Avaria 6 (25/05/2018)	Motor aspirador 1200 Watts, botão on/of	51,70 €	1	17	68,70 €	1%
Avaria 7 (20/06/2018)	(Reprogramação do contactor)		0,5	17	8,50 €	0%
Avaria 8 (28/06/2018)	Motor aspirador 1200 Watts	50,70 €	1	17	67,70 €	1%
Avaria 9 (25/07/2018)	Borracha de vedação, rele 230 V	93,21 €	1,5	17	118,71 €	1%
Avaria 10 (01/08/2018)	(Chapa de vedação entupida)		0,5	17	8,50 €	0%
Avaria 11 (06/08/2018)	Motor aspirador 1200 Watts	50,70 €	1	17	67,70 €	1%
Avaria 12 (07/09/2018)	(Chapa de vedação entupida)		0,5	17	8,50 €	0%
Avaria 13 (20/09/2018)	Motor aspirador 1200 Watts	50,70 €	1	17	67,70 €	1%
Avaria 14 (08/10/2018)	Sensor F5,5 12 mt	50,70 €	1,5	17	76,20 €	1%
Avaria 15 (23/10/2018)	Motor aspirador 1200 Watts	50,70 €	1	17	67,70 €	1%
Avaria 16 (02/11/2018)	Borracha para o alimentador, borracha para o motor	16,00 €	2,5	17	58,50 €	0%
Avaria 17 (19/11/2018)	Motor aspirador 1200 Watts	50,70 €	1	17	67,70 €	1%
Avaria 18 (14/12/2018)	Motor aspirador 1200 Watts	50,70 €	1	18	68,70 €	1%
				Média	67,70 €	

Custo de reparação total (ano 2018)	1 042,61 €
-------------------------------------	------------

### Custo de reparação da máquina de cintar STB70 1

	Material utilizado na reparação	Preço	Tempo de reparação (h)	Custo de mão-de-obra (€/h)	Custo de reparação	Representação no custo mensal de manutenção
Falha 1 (22/01/2018)	Cabo de sinal (1821.151.015)	27,35 €	1,5	17	52,85 €	0%
Falha 2 (06/02/2018)	1 faca de corte, 1 mola	99,75 €	1	17	116,75 €	1%
Falha 3 (26/02/2018)	(Limpeza)		0,5	17	8,50 €	0%
Falha 4 (5/03/2018)	1 roda, 1 controlador do	513,50 €	2,5	17	556,00 €	4%
Falha 5 (2/04/2018)	(Limpeza)		2,5	17	42,50 €	0%
Falha 6 (23/04/2018)	(Limpeza)		0,5	17	8,50 €	0%
Falha 7 (14/05/2018)	(Limpeza)		0,5	17	8,50 €	0%
Falha 8 (23/05/2018)	(Limpeza)		1,33	17	22,61 €	0%
Falha 9 (12/06/2018)	1 roda	92,03 €	1,33	17	114,64 €	1%
Falha 10 (26/06/2018)	1 faca de corte	92,03 €	1,33	17	114,64 €	1%
Falha 11 (18/07/2018)	(Limpeza)		0,5	17	8,50 €	0%
Falha 12 (10/09/2018)	1 placa eletrônica	294,95 €	1,5	17	320,45 €	3%
Falha 13 (17/10/2018)	1 roda	163,39 €	1,5	17	188,89 €	2%
Falha 14 (31/10/2018)	1 cabo de sinal	27,35 €	1,5	17	52,85 €	0%
Falha 15 (5/11/2018)	1 faca de corte	92,03 €	1,5	17	117,53 €	1%
Falha 16 (26/11/2018)	1 cabo de ligação	27,35 €	1	17	44,35 €	0%
Falha 17 (10/12/2018)	(Limpeza)		0,5	17	8,50 €	0%
Falha 18 (15/12/2018)	(Limpeza)		0,5	17	8,50 €	0%
				Média	48,60 €	

Custo de reparação total (ano 2018)	1 795,06 €
-------------------------------------	------------

### Custo de reparação da máquina de embalar ME6SE

	Material utilizado na reparação	Preço	Tempo de reparação	Custo de mão-de-obra (€/h)	Custo de reparação	Representação no custo mensal de
Falha 1 (10/01/2018)	1 Sonda T.C	15,00 €	3,5	17	74,50 €	1%
Falha 2 (06/02/2018)	8 parafusos (M6*16), 8 anilhas de chapa, 1 sonda (2mt), 2 rolamentos (6205-2Rs), 1 fusivel (AM 10*38)	25,97 €	8	17	161,97 €	1%
Falha 3 (16/03/2018)	2 fusíveis	0,60 €	0,5	17	9,10 €	0%
Falha 4 (26/04/2018)	2 fusíveis	0,60 €	1	17	17,60 €	0%
Falha 5 (21/05/2018)	(Sensor deslocado)		0,5	17	8,50 €	0%
Falha 6 (06/06/2018)	1 micro-switch	0,75 €	2,28	17	39,51 €	0%
Falha 7 (08/06/2018)	(Sensor deslocado)		2,5	17	42,50 €	0%
Falha 8 (12/07/2018)	1 fusivel (10*38 2 AM)	0,50 €	1	17	17,50 €	0%
Falha 9 (20/07/2018)	5 cabos (4*1,5)	3,25 €	1,5	17	28,75 €	0%
Falha 10 (26/07/2018)	1 rolo Teflan (100*30)	6,74 €	2	17	40,74 €	0%
Falha 11 (20/10/2018)	(Sensor deslocado)		0,5	17	8,50 €	0%
Falha 12 (06/11/2018)	(Sensor deslocado)		0,5	17	8,50 €	0%
Média					23,18 €	

Custo de reparação total (ano 2018)	457,67 €
-------------------------------------	----------

### Custo de reparação da MIS-002

	Material utilizado na reparação	Preço	Tempo de reparação (h)	Custo de mão-de-obra (€/h)	Custo produção parada	Custo de reparação	Representação no custo mensal de manutenção
Falha 1 (25/01/2018)	12 mt tubo de ar comprimido, 1 tês 12 mm, 1 tês 8mm, 1 união redução 12x10, 1 união redução 10x8	7,40 €	0,83	17	173,22 €	194,73 €	2%
Falha 2 (04/10/2018)	80 cm corrente 1/2, 1 elo de engate 1/2	25,00 €	1	17	208,70 €	250,70 €	2%
Falha 3 (05/11/2018)	2 retentores 45x65x8, 1 retentor 35x52x10, 1 motor elétrico 380 V	164,00 €	11	17	2 295,70 €	2 646,70 €	21%
Falha 4 (07/12/2018)	12 escovas 32x12 duplas, 1 filtro, 1 mola 4 cm	87,64 €	11	17	2 295,70 €	2 570,34 €	21%
Média						1 410,52 €	


Custo de reparação total (ano 2018)	7 072,99 €
-------------------------------------	------------

## Custo de reparação da GRA-002

	Material utilizado na reparação	Preço	Tempo de reparação (h)	Custo de mão-de-obra (€/h)	Custo produção	Custo de reparação	Representação no custo mensal de manutenção
<b>Falha 1 (14/07/2018)</b>	1 rolamento 6216, 1 rolamento 2216 NUP, 1 retentor 105x140x12, 1 retentor 80x120x13, 1 casquilho e aço, 1 falange 190x15, 23 L óleo omala 460 SHELL	736,99 €	31	17	6 469,70 €	7 733,69 €	62%

<b>Custo de reparação total (ano 2018)</b>	<b>7 733,89 €</b>
--------------------------------------------	-------------------

## Anexo D – Instrução de trabalho para o manuseamento da máquina de cintar portátil

Instrução de trabalho	
Manuseamento da máquina de cintar portátil	

### 1. Objetivos

Com este documento pretende-se auxiliar o operador no manuseamento da máquina de cintar portátil com o intuito de cuidar devidamente do equipamento e melhorar a sua performance.

### 2. Modo de proceder

- **Antes de iniciar o trabalho é de extrema importância a realização de uma limpeza à máquina.**

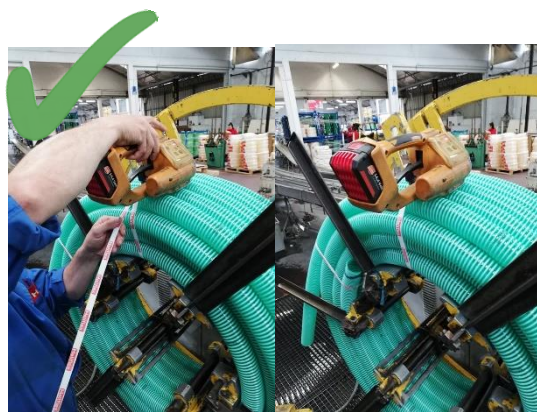
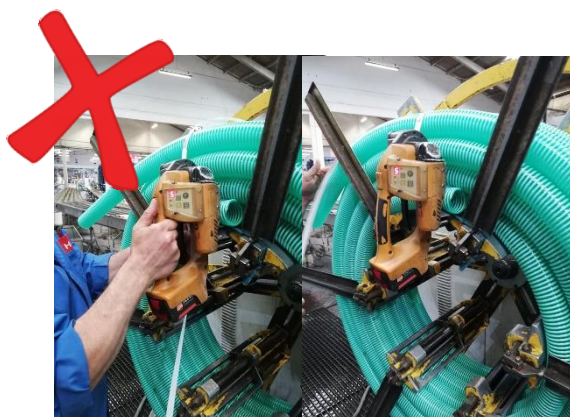
Tarefa 1: Fazer uma Limpeza à máquina



### 2.1. Pegar na máquina com cuidado



### 2.2. Fazer a cintagem corretamente



Nota: a cintagem deve ser realizada na parte superior do rolo de forma de forma a proteger a máquina de possíveis quedas




Nota: Carregar no botão para puxar a fita



Nota: Carregar no botão para soldar e cortar a fita



## Anexo E – Instrução de trabalho para o manuseamento da máquina de embalar ME6SE

Instrução de trabalho	
Manuseamento da máquina de embalar ME6SE	

### 1. Objetivos

Com este documento pretende-se auxiliar o operador no manuseamento da máquina de embalar ME6SE com o intuito de cuidar devidamente do equipamento e melhorar a sua performance.

### 2. Modo de proceder

- **Aquecer o forno da máquina a +/- 175 °C meia hora antes de iniciar o trabalho e de seguida definir a velocidade da passadeira**

Tarefa 1: Ativar os comandos de temperatura e velocidade



Tarefa 2: Selecionar o parâmetro de temperatura



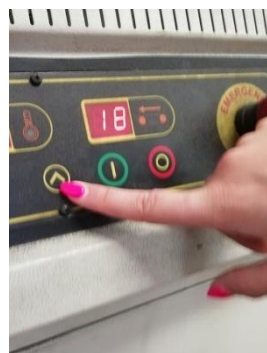
Tarefa 3: Ajustar a temperatura com as setas



Tarefa 4: Selecionar o parâmetro velocidade



Tarefa 5: Ajustar a velocidade com as setas



## 2.1. Colocar o plástico na máquina de embalar



Nota: A largura do plástico deve ser escolhida consoante as dimensões do rolo da mangueira

## 2.2. Ajustar os parâmetros da máquina

Tarefa 1: Escolher o modo de operação da máquina (automático ou manual)



Tarefa 2: Selecionar as funções definidas no programa



Tarefa 3: Ajustar os parâmetros de largura e altura da máquina nas setas consoante a dimensão do rolo



### 2.3. Iniciar o processo de operação

Tarefa 1: Selecionar o botão Start para começar o processo de embalagem





Se a soldadora não se realizar no modo automático ativar a função de soldadora do plástico em modo manual



Se a passadeira da máquina de embalar não funcionar no modo automático ativar a função “arraste” em modo manual



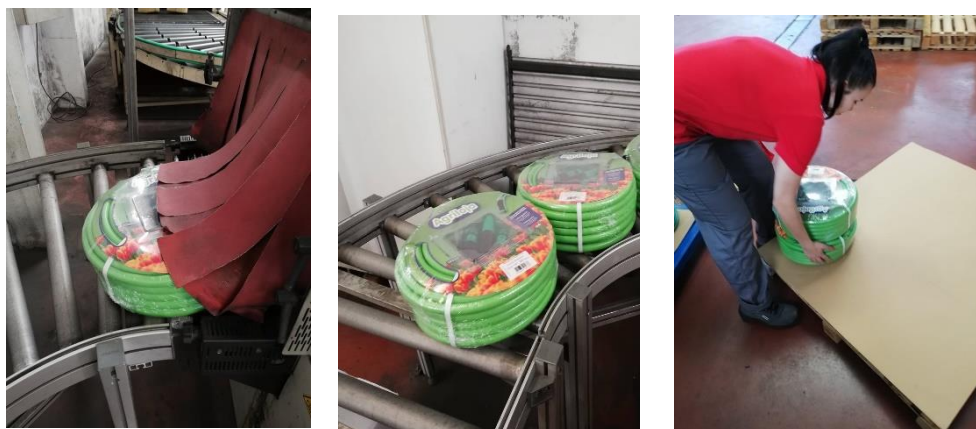
Em caso de perigo imediato ativar o botão de emergência

Tarefa 2: Colocar corretamente o rolo na passadeira



Nota: se o rolo não for colocado corretamente poderá tocar no sensor da máquina levando ao seu deslocamento

Tarefa 4: Colocar o rolo embalado na paleta



## 2.4. Finalizar o processo de operação

Tarefa 1: Diminuir a temperatura do forno



Tarefa 2: Desativar os comandos de temperatura e velocidade



Tarefa 3: Desligar a máquina no botão geral



Anexo F – Preparações de trabalho para os equipamentos com criticidade A analisados

MIS – 002 MISTURADORA – ROTINA 6M	
Palavras-chave	Previsão TM
Rotina, inspeção, inspeção Semestral	Horas: 6   HH:6   Periodicidade: 6 Meses
PRECAUÇÕES SEGURANÇA E AMBIENTE	
Antes de se iniciar o trabalho de manutenção deve-se garantir que o equipamento esteja desligado de acordo com o procedimento “Lock out Tag out”.	
TAREFAS A REALIZAR NO EQUIPAMENTO	
<ol style="list-style-type: none"> <li><b>Verificação do arrefecedor</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Verificação ou substituição do filtro de óleo</li> <li>✓ Verificação ou substituição dos filtros</li> <li>✓ Verificação das correias</li> </ul> </li> <li><b>Verificação do motor de transporte</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Verificação do sentido de rotação</li> <li>✓ Verificação dos fusíveis e dos disjuntores</li> <li>✓ Verificação das sondas</li> <li>✓ Verificação do consumo</li> <li>✓ Verificação do ruído</li> <li>✓ Verificação do freio e dos rolamentos</li> <li>✓ Verificação da velocidade</li> <li>✓ Limpeza dos filtros</li> <li>✓ Verificação dos retentores de óleo</li> <li>✓ Verificação das correias</li> </ul> </li> <li><b>Verificação do motor da misturadora</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Verificação do sentido de rotação</li> <li>✓ Verificação dos fusíveis e dos disjuntores</li> <li>✓ Medição da temperatura (verificação das sondas)</li> <li>✓ Verificação do consumo</li> <li>✓ Verificação do ruído</li> <li>✓ Verificação do freio e dos rolamentos</li> <li>✓ Verificação da velocidade</li> <li>✓ Limpeza dos filtros</li> <li>✓ Verificação dos retentores de óleo</li> <li>✓ Verificação das escovas</li> </ul> </li> </ol>	

GRA – 002 GRANULADORA – ROTINA 6M	
Palavras-chave	Previsão TM
Rotina, inspeção, inspeção Semestral Meses	Horas: 6   HH:6   Periodicidade: 6
PRECAUÇÕES SEGURANÇA E AMBIENTE	
Antes de se iniciar o trabalho de manutenção deve-se garantir que o equipamento esteja desligado de acordo com o procedimento “Lock out Tag out”.	
TAREFAS A REALIZAR NO EQUIPAMENTO	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Verificação da granuladora</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Verificação do estado dos cabos de alimentação</li> <li>✓ Limpeza do quadro elétrico</li> <li>✓ Limpeza dos filtros do cabo elétrico</li> <li>✓ Verificação e controlo da temperatura</li> <li>✓ Verificação e teste de todos os sistemas de segurança</li> <li>✓ Verificação das resistências cerâmicas</li> <li>✓ Verificação e controlo da pressão</li> <li>✓ Verificação do nível de óleo</li> <li>✓ Limpeza do parafuso sem fim/Rosca</li> <li>✓ Limpeza do cilindro</li> <li>✓ Limpeza da cabeça de extrusão</li> <li>✓ Limpeza e verificação dos ventiladores</li> <li>✓ Verificação das bombas de vácuo (limpeza dos filtros)</li> <li>✓ Verificação e limpeza do quadro elétrico</li> <li>✓ Verificação e teste de todos os sistemas de segurança</li> <li>✓ Verificação e limpeza dos filtros</li> </ul> </li> <li>2. <b>Verificação do motor da granuladora</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Verificação do retentor de óleo</li> <li>✓ Verificação do sentido de rotação</li> <li>✓ Verificação dos fusíveis e dos disjuntores</li> <li>✓ Verificação das sondas</li> <li>✓ Verificação do consumo</li> <li>✓ Verificação do ruído</li> <li>✓ Verificação do freio e dos rolamentos</li> <li>✓ Verificação da velocidade</li> <li>✓ Verificação das correias</li> <li>✓ Limpeza dos filtros</li> </ul> </li> </ol>	



<b>MIS – 002 MISTURADORA – LUBRIFICAÇÕES 1M</b>	
<b>Palavras-chave</b>	<b>Previsão TM</b>
Lubrificação, Lubrificação mensal	Horas: 3   HH:3   Periodicidade: 1 Mês
<b>PRECAUÇÕES SEGURANÇA E AMBIENTE</b>	
<p>Assegurar que as luvas e máscaras de proteção são utilizadas.</p> <p>Uso de vestimenta adequada para a realização deste trabalho.</p> <p>Assegurar que os lubrificantes são descartados de forma apropriada sem representar um risco para o ambiente.</p>	
<b>TAREFAS A REALIZAR NO EQUIPAMENTO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lubrificação do arrefecedor</li> <li>✓ Lubrificação dos rolamentos do motor de transporte</li> <li>✓ Lubrificação das correntes do motor de transporte</li> <li>✓ Lubrificação dos rolamentos do motor da misturadora</li> <li>✓ Lubrificação das escovas do motor da misturadora</li> </ul>	

<b>GRA – 002 GRANULADORA – LUBRIFICAÇÕES 1M</b>	
<b>Palavras-chave</b>	<b>Previsão TM</b>
Lubrificação, Lubrificação mensal	Horas: 2   HH:2   Periodicidade: 1 Mês
<b>PRECAUÇÕES SEGURANÇA E AMBIENTE</b>	
<p>Assegurar que as luvas e máscaras de proteção são utilizadas.</p> <p>Uso de vestimenta adequada para a realização deste trabalho.</p> <p>Assegurar que os lubrificantes são descartados de forma apropriada sem representar um risco para o ambiente.</p>	
<b>TAREFAS A REALIZAR NO EQUIPAMENTO</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Lubrificação dos rolamentos do motor da granuladora</li> <li>✓ Lubrificação das correntes do motor da granuladora</li> </ul>	

## Anexo G – Codificação dos equipamentos do Setor das misturas

Nº	Descrição	Quantidade	Código
1	12 Silos que têm como função armazenar o material virgem líquido	22	SIL-001
			SIL-002
			SIL-003
			SIL-004
			SIL-005
			SIL-006
			SIL-007
			SIL-008
			SIL-009
			SIL-010
			SIL-011
			SIL-012
	6 Silos que têm como função armazenar as micro doses ( cada silo tem 1 motor)		SIL-013
			SIL-014
			SIL-015
			SIL-016
			SIL-017
			SIL-018
	3 Silos que têm como função armazenar as resinas PVC (cada silo tem 1 motor)		SIL-019
			SIL-020
	1 Silo que tem como função armazenar o CaCO3 ( este silo tem 1 motor)		SIL-021
			SIL-022
2	Balança que tem como função pesar o material virgem	4	BAL-001
			BAL-002
			BAL-003
			BAL-004
3	Misturadora que tem como função misturar e arrefecer os materias virgens	3	MIS-001
			MIS-002
			MIS-003
4	Granuladora que tem como função granular os materiais virgens	4	GRA-001
			GRA-002
			GRA-003
			GRA-004
5	Bombas pneumáticas que têm como função ajudar no transporte do material líquido	8	PNE-001
			PNE-002
			PNE-003
			PNE-004
			PNE-005
			PNE-006
			PNE-007
			PNE-008
6	Bomba de vácuo que tem como função ajudar no transporte da resina pvc	2	VAC-001
	Bomba de vácuo que tem como função ajudar no transporte do material das misturadoras para as granuladoras		VAC-002
7	Compressor que ajuda no transporte do material da misturadora 2 para a Granuladora 3	3	COMP-001
	Compressor que ajuda no transporte da granuladora 1 para o bigbag		COMP-002
	Compressor que ajuda no transporte da granuladora 3 para o bigbag		COMP-003



### O que é?

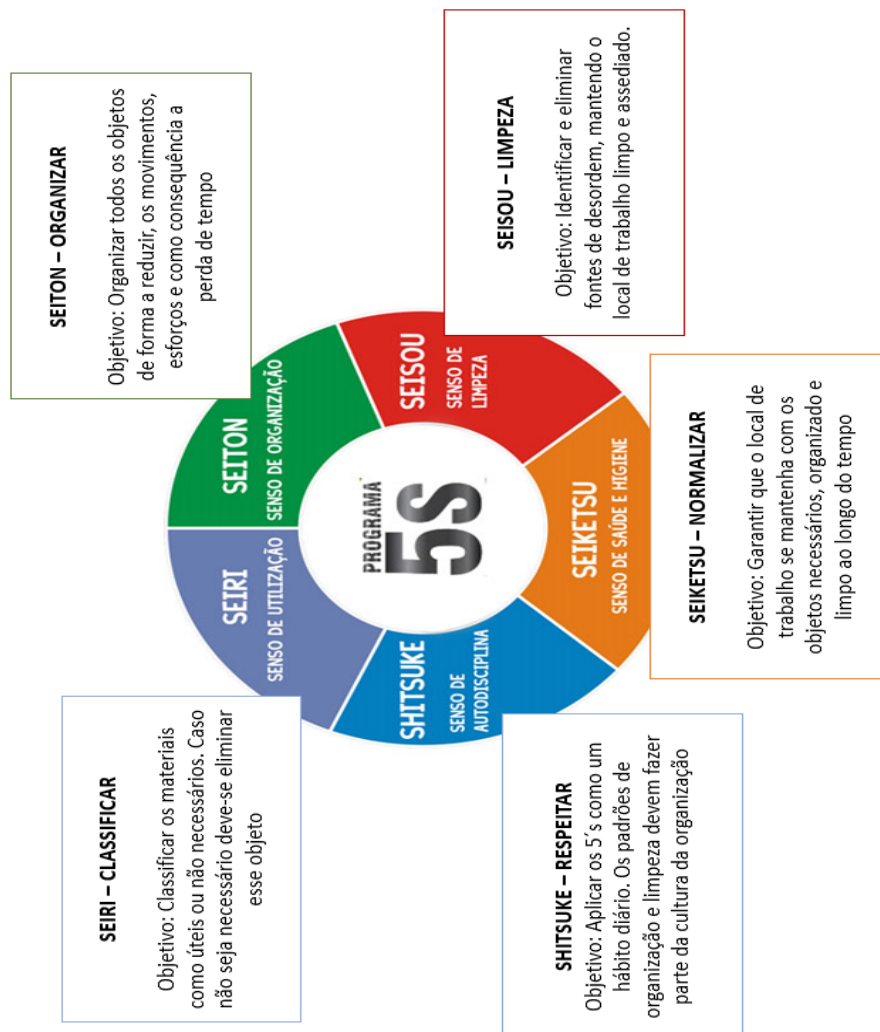
É utilizada como uma técnica de higiene ambiental no local de trabalho, tendo como objetivo remover todos os desperdícios sempre com o pensamento que só permanece o que é extremamente necessário




### Vantagens:

1. Melhora a produtividade e eficiência do trabalho
2. Melhora a sensação de bem estar no local de trabalho
3. Melhora e facilita a manutenção dos equipamentos
4. Melhora a qualidade dos produtos
5. Melhora as condições de higiene, segurança e bem-estar

## Metodologia 5S's – Melhoria Continua



# Anexo I – Check List para a realização de inspeções mensais

		CHECK LIST PROGRAMA 5'S				
SETOR AVALIADO:		DATA:				
AUDITOR:						
LEGENDA:						
1 - MAU    2 - SATISFAZ    3 - BOM    4- ÓTIMO    NA- NÃO APLICAVEL						
1ºS - CLASSIFICAR		NOTA				
Itens a avaliar		1	2	3	4	NA
Apenas são utilizados os materiais/objetos necessários para a execução do trabalho?						
A secção apresenta um bom aspeto visual?						
Existe material obsoleto ou não conforme no local de trabalho?						
Os itens estão localizados de forma a facilitar o seu acesso?						
Existem fugas de óleo, ar ou energia?						
TOTAL						
MÉDIA DA PONTUAÇÃO						
2º S - ORGANIZAR		NOTA				
Itens a avaliar		1	2	3	4	NA
Existem máquinas ou materiais espalhados no corredor, chão, mesas, etc?						
Os materiais estão em boas condições e identificados?						
Os materiais estão em locais apropriados?						
Na mudança de turno o padrão da organização mantém-se?						
O aspeto visual do setor encontra-se organizado?						
TOTAL						
MÉDIA DA PONTUAÇÃO						
3ºS - LIMPAR		NOTA				
Itens a avaliar		1	2	3	4	NA
O chão continua limpo sem sujidade, água ou óleo?						
As máquinas e os materiais encontram-se limpos?						
Existe uma pessoa para supervisionar as operações de limpeza?						
Os responsáveis pelo setor costumam limpar e varrer o chão sem que lhes seja pedido?						
TOTAL						
MÉDIA DA PONTUAÇÃO						
4ºS - NORMALIZAR		NOTA				
Itens a avaliar		1	2	3	4	NA
Existe um método e identificação de objetos inúteis ou avariados e locais designados para a sua deposição?						
Existem normas de organização?						
Existem normas de limpeza definidas?						
Os manuais estão facilmente visíveis para qualquer pessoa?						
TOTAL						
MÉDIA DA PONTUAÇÃO						
5ºS - RESPEITAR		NOTA				
Itens a avaliar		1	2	3	4	NA
As normas estabelecidas são respeitadas e cumpridas ?						
As normas estabelecidas são periodicamente revistas e melhoradas?						
TOTAL						
MÉDIA DA PONTUAÇÃO						